

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CAMILA SORG NEGRELLO

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO A LONGO PRAZO DA
RECICLAGEM A FRIO DE PAVIMENTO, COM ADIÇÃO DE
CIMENTO, DA RODOVIA SC 150, TRECHO BR 282 À
CAPINZAL**

FLORIANÓPOLIS, 2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Negrello, Camila Sorg Negrello

Avaliação do Desempenho a Longo Prazo da Reciclagem a Frio de Pavimento, com Adição de Cimento, da Rodovia SC 150, Trecho BR 282 a Capinzal (SC) / Camila Sorg Negrello Negrello ; orientador, Glicério Trichês - Florianópolis, SC, 2014.
196 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Reciclagem de Pavimentos. 3. Adição de Cimento. 4. Restauração de Pavimentos. 5. SC-150. I. Trichês, Glicério. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO A LONGO PRAZO DA
RECICLAGEM A FRIO DE PAVIMENTO, COM ADIÇÃO DE
CIMENTO, DA RODOVIA SC 150, TRECHO BR 282 A
CAPINZAL (SC)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de graduação em
Engenharia Civil, do Departamento de
Engenharia Civil da Universidade
Federal de Santa Catarina, como requisito
à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Glicério Trichês

FLORIANÓPOLIS, dezembro 2014

CAMILA SORG NEGRELLO

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO A LONGO PRAZO DA
RECICLAGEM A FRIO DE PAVIMENTO, COM ADIÇÃO DE
CIMENTO, DA RODOVIA SC 150, TRECHO BR 282 A
CAPINZAL (SC)**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado para a obtenção do título de Engenheiro Civil no Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 04 de dezembro de 2014.

Banca examinadora:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Glicério', is written over a horizontal line.

Prof. Dr. Glicério Trichês - UFSC (Orientador)

Prof. Dr. Antonio Fortunato Marcon

Eng. Antonio dos Santos

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção e força em todos os momentos.

Aos meus pais Altair e Tânia, além de minha irmã Carolina, pela paciência, compreensão e incentivo.

Ao meu professor orientador, Glicério, por todo conhecimento repassado, atenção, apoio e dedicação para que o presente trabalho fosse concretizado.

À empresa ENGEVIX Engenharia S.A., especialmente ao Engenheiro Antonio dos Santos, pelo fornecimento de dados, atenção e apoio durante o desenvolvimento do projeto.

Ao meu namorado e amigos, pela paciência, apoio, motivação e companhia.

Aos meus colegas da Engenharia Civil, com quem dividi inesquecíveis momentos nos anos de graduação. Agradeço especialmente ao meu colega e mestrando Matheus pelo apoio neste projeto.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao Departamento de Engenharia Civil, pela formação acadêmica de excelente qualidade.

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo fazer a avaliação a longo prazo do desempenho de um segmento de 1600 (mil e seiscentos) metros da rodovia SC-150, localizada entre os municípios de Joaçaba e Capinzal em Santa Catarina. O trecho foi o primeiro no Estado a utilizar a técnica de restauração através de reciclagem com adição de cimento. O trecho foi aberto ao tráfego em 2007.

Como subsídios para avaliação, serão utilizados dados de bacias de deflexão levantados nos anos de 2012 e 2014, além de dados de afundamento de trilha de roda de 2010, 2012 e 2014, irregularidade longitudinal de 2012 e 2014 e patologias de 2010, 2012 e 2014. Com estes dados será realizada a retroanálise para estimar módulos resilientes das camadas e fazer a análise tensão deformação com o software ELSYM5. Como base para o presente trabalho, serão utilizados os dados de Lorena (2009), primeiro estudo publicado sobre este segmento.

A partir da análise de dados foi possível concluir que a base reciclada está em boas condições estruturais. As análises de deflexões, trilha de roda e irregularidade longitudinal mostram resultados bastante satisfatórios, indicando que não há ruptura na camada de base.

Palavras chave: Avaliação de desempenho. Reciclagem com cimento. Restauração de pavimentos. Retroanálise. SC-150.

SUMÁRIO

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 23 |
| 1.1 | OBJETIVOS..... | 24 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral | 24 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos | 24 |
| 1.2 | LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 25 |
| 1.3 | APRESENTAÇÃO DO TRABALHO | 26 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 27 |
| 2.1 | PAVIMENTO | 27 |
| 2.1.1 | Definição e Conceitos Gerais | 27 |
| 2.2 | SITUAÇÃO ATUAL DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL | 28 |
| 2.3 | RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS | 31 |
| 2.3.1 | Avaliação dos Pavimentos Flexíveis | 31 |
| 2.3.1.1 | Defeitos | 32 |
| 2.3.1.2 | Trincas | 32 |
| 2.3.1.3 | Fendas | 32 |
| 2.3.1.4 | Afundamentos | 34 |
| 2.3.1.5 | Panelas (buracos)..... | 35 |
| 2.3.1.6 | Classificação dos Defeitos..... | 36 |
| 2.3.2 | Desempenho Estrutural do Pavimento | 39 |
| 2.3.2.1 | Deflexão e Métodos de Medição..... | 39 |
| 2.3.3 | Retroanálise..... | 42 |
| 2.3.3.1 | Módulo de Resiliência e Coeficiente de Poisson..... | 43 |
| 2.4 | RECICLAGEM DE PAVIMENTOS | 43 |
| 2.4.1 | Reciclagem a Quente..... | 44 |
| 2.4.2 | Reciclagem a Frio..... | 45 |
| 2.4.3 | Reciclagem a Frio com Adição de Cimento Portland | 46 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.4.4 | Estudos Realizados no Brasil..... | 48 |
| 2.4.5 | Modelo de Fadiga para Pavimentos Reciclados..... | 48 |
| 3 | O PROCESSO DE RECICLAGEM EXECUTADA NA SC-150 – TRECHO BR-282 JOAÇABA – CAPINZAL..... | 51 |
| 3.1 | HISTÓRICO | 51 |
| 3.2 | DIRETRIZES..... | 53 |
| 3.3 | EXECUÇÃO DA RECICLAGEM | 56 |
| 4 | MÉTODO DO TRABALHO | 61 |
| 4.1 | ETAPA 1 – RETROANÁLISE DAS BACIAS | 61 |
| 4.1.1 | Programas para Avaliação Estrutural..... | 61 |
| 4.1.1.1 | BAKFAA | 62 |
| 4.1.1.2 | ELSYM5 | 63 |
| 4.1.2 | Retroanálise..... | 66 |
| 4.1.2.1 | Levantamentos Deflectométricos..... | 66 |
| 4.1.2.2 | Retroanálise do Segmento de Referência da SC-150..... | 67 |
| 4.2 | ETAPA 2 – ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE DEFLEXÃO | 68 |
| 4.3 | ETAPA 3 – ANÁLISE DE AFUNDAMENTO DE TRILHA DE RODA..... | 69 |
| 4.4 | ETAPA 4 – AVALIAÇÃO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL (IRI) | 71 |
| 4.5 | ETAPA 5 – ANÁLISE DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DE PATOLOGIAS NO PAVIMENTO | 72 |
| 4.6 | ETAPA 6 – ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL..... | 73 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 75 |
| 5.1 | ETAPA 1 – RETROANÁLISE DAS BACIAS | 75 |
| 5.1.1 | Resultados Obtidos por Lorena (2009) | 75 |
| 5.1.2 | Resultados Obtidos com Levantamento de 2014 | 76 |
| 5.1.2.1 | Fase 1 – Retroanálise com Todas as Bacias..... | 76 |
| 5.1.2.2 | Fase 2 – Retroanálise com Bacias Representativas..... | 77 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 5.1.2.3 | Fase 3 – Incorporação da Base Remanescente Na Sub-base. | 79 |
| 5.1.2.4 | Fase 4 – Resultado Final da Retroanálise..... | 81 |
| 5.2 | Análise da Evolução de Bacias Deflectométricas | 82 |
| 5.3 | ETAPA 3 – ANÁLISE DE AFUNDAMENTO DE TRILHA DE RODA | 88 |
| 5.3.1 | Valores Medidos com Perfilógrafos | 88 |
| 5.4 | ETAPA 4 – AVALIAÇÃO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL (IRI)..... | 92 |
| 5.5 | ETAPA 5 – ANÁLISE DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DE PATOLOGIAS NO PAVIMENTO..... | 93 |
| 5.6 | ETAPA 6 – ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL | 97 |
| 5.6.1.1 | Estudo de Tráfego | 97 |
| 5.6.1.2 | Modelo de Fadiga..... | 100 |
| 6 | CONCLUSÕES..... | 101 |
| 7 | RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.... | 103 |
| 8 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 105 |
| 9 | ANEXOS..... | 110 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Localização da Área de Estudo..... | 25 |
| Figura 2 – Estrutura Tipo de Pavimento Flexível | 27 |
| Figura 3 – Estrutura Tipo de Pavimento Rígido..... | 28 |
| Figura 4 – Mapas Rodoviários Brasileiros (1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010) | 29 |
| Figura 5 – Trinca Longitudinal na SC-150, 2014 (km 24+660 LD) | 33 |
| Figura 6 – Trinca Transversal na SC-150, 2012 (LE) | 33 |
| Figura 7 – Trincas interligadas na SC-150, 2014 (LD) | 34 |
| Figura 8 – Trincamento generalizado SC-150, pré restauração | 34 |
| Figura 9 – Afundamento plástico nas trilhas de roda | 35 |
| Figura 10 – Afundamento por consolidação nas trilhas de roda | 35 |
| Figura 11 – Trinca do tipo FC-1 (SC-150 LE) | 38 |
| Figura 12 – Trinca do tipo FC-2 (SC-150 LE) | 38 |
| Figura 13 – Buraco ou panela (SC-150 LE)..... | 39 |
| Figura 14 – Representação da deformada obtida com FWD..... | 41 |
| Figura 15 – Correlações entre Viga Benkelman e FWD..... | 42 |
| Figura 16 – Estrutura do pavimento existente..... | 51 |
| Figura 17 – Situação da Rodovia Antes da Restauração..... | 52 |
| Figura 18 – Mobilização de equipamentos e pessoas em campo para coleta de material “in situ” | 53 |
| Figura 19 – Corte de material para ensaios granulométricos em laboratório | 53 |
| Figura 20 – Distribuição de agregados no trecho..... | 56 |
| Figura 21 – Adição de cimento | 56 |
| Figura 22 – Caminhão irrigador (pipa) corrigindo umidade no trecho . | 57 |
| Figura 23 – Reciclagem da base de outro trecho da SC-150..... | 57 |
| Figura 24 – Coleta de amostra para verificação da taxa de material adicionado | 57 |
| Figura 25 – Coleta de material para ensaios em laboratório | 58 |
| Figura 26 – Compactação da camada de base..... | 59 |
| Figura 27 – Acabamento da camada reciclada | 59 |
| Figura 28 – Execução de tratamento superficial simples | 59 |
| Figura 29 – Execução do revestimento em asfalto borracha | 60 |
| Figura 30 – Estrutura do pavimento reciclado | 60 |

| | |
|---|----|
| Figura 31 – Interface do software BAKFAA..... | 63 |
| Figura 32 – Detalhe de gráfico comparativo de deflexões medida e calculada (offset x deflexão) e RMS..... | 63 |
| Figura 33 – Caracterização das camadas do pavimento (ELSYM5)..... | 64 |
| Figura 34 – Simulação de carregamento no pavimento (ELSYM5)..... | 65 |
| Figura 35 – Definição de locais de avaliação de tensão (ELSYM5)..... | 65 |
| Figura 36 – Resultados obtidos no ELSYM5 | 66 |
| Figura 37 – Perfilômetro a laser (COPPE/RJ) | 69 |
| Figura 38 – Uso de treliça para medição de trilha de roda..... | 70 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Classificação Geral de Rodovias em Estado “regular”, “ruim” ou “péssimo” (2011, 2012, 2013)..... | 30 |
| Quadro 2- Quadro Resumo dos defeitos – Codificação e Classificação | 37 |
| Quadro 3 – Faixas Granulométricas para Reciclagem a Frio com Adição de Cimento Portland..... | 47 |
| Quadro 4 – Adequação de material corrigido quanto à granulometria.. | 54 |
| Quadro 5 - Adequação de material corrigido quanto à resistência à compressão | 54 |
| Quadro 6 – Resistência a tração na flexão para mistura com 3% de cimento Portland | 55 |
| Quadro 7 – Características finais de projeto de reciclagem | 55 |
| Quadro 8 – Parâmetros adotados para retroanálise | 68 |
| Quadro 9 – Limite de variação de deflexões na retroanálise..... | 68 |
| Quadro 10 – Módulos de Resiliência estimados através de levantamento deflectométrico..... | 75 |
| Quadro 11 – Resumo dos valores de módulo da primeira fase de retroanálise | 77 |
| Quadro 12 – Resumo dos valores de módulo resiliente da segunda fase de retroanálise | 78 |
| Quadro 13 - Resumo dos valores do módulo resiliente na terceira fase de retroanálise | 79 |
| Quadro 14 – Exemplo de retroanálise considerada aceitável..... | 80 |
| Quadro 15 – Exemplo de retroanálise de bacia eliminada do estudo.... | 80 |
| Quadro 16 – Quadro resumo de módulos resilientes obtidos na retroanálise | 81 |
| Quadro 17 – Resumo da deflexão máxima medida (D0) de 2014..... | 85 |
| Quadro 18 – Quantitativo de pontos de medição e de patologias encontradas (2010, 2012, 2014) | 94 |
| Quadro 19 – Tráfego Projetado ao Longo do Tempo..... | 98 |
| Quadro 20 – Parâmetros para cálculo de “N” | 99 |
| Quadro 21 – Estudo de Tráfego do Segmento de Referência SC-150 .. | 99 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 – Investimentos em Rodovias no Brasil (Média Anual) | 30 |
| Gráfico 2 – Comparativo Entre Módulos de Resiliência de 2007 e 2014 | 82 |
| Gráfico 3 – Comparativo de Deflexões – Lado Direito (2012 e 2014) . | 83 |
| Gráfico 4 - Comparativo de Deflexões – Lado Esquerdo (2012 e 2014) | 83 |
| Gráfico 5 - Comparativo de Deflexões – Total (2012 e 2014)..... | 84 |
| Gráfico 6 – Deflexões 2007 | 84 |
| Gráfico 7 – Comparativo de Deflexões D0 (2007, 2012, 2014)..... | 87 |
| Gráfico 8 – Comparativo de Afundamento de Trilha de Roda – Lado Direito (2010, 2012 e 2014) | 88 |
| Gráfico 9 – Comparativo de Afundamento de Trilha de Roda – Lado Esquerdo (2010, 2012 e 2014) | 89 |
| Gráfico 10 – Afundamento de Trilha de Roda Medido por Treliça (2010)..... | 89 |
| Gráfico 11 – Afundamento de Trilha de Roda da Faixa da Direita (2012) | 90 |
| Gráfico 12 – Afundamento de Trilha de Roda da Faixa da Esquerda (2012)..... | 90 |
| Gráfico 13 – Afundamento de Trilha de Roda da Faixa da Direita (2014) | 91 |
| Gráfico 14 – Afundamento de Trilha de Roda da Faixa da Esquerda (2014)..... | 91 |
| Gráfico 15 – Comparativo de Irregularidade Longitudinal (2012 e 2014) | 93 |
| Gráfico 16 - Evolução Temporal das Patologias – Lado Direito (2010, 2012, 2014) | 95 |
| Gráfico 17 - Evolução Temporal das Patologias – Lado Esquerdo (2010, 2012, 2014) | 95 |
| Gráfico 18 - Evolução Temporal das Patologias – Total (2010, 2012) . | 96 |

LISTA DE ABREVIATURAS

AFP – afundamento plástico.

AFR – Afundamento de trilha de roda.

ARTESP – Agência de Transporte do Estado de São Paulo

BU – buraco.

CNT – Confederação Nacional de Transporte.

DEINFRA – Departamento Estadual de Infraestrutura.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

ELSYM 5 – Elastic Layered System 5.

IRI – Irregularidade Longitudinal.

FC1 – trincas com abertura superior à das fissuras, mas menores que 1,0 mm.

FC2 – trincas com abertura superior a 1,0 mm e sem erosão nas bordas.

FC3 – trincas com abertura superior a 1,0 mm e com erosão nas bordas.

LD – Lado direito.

LE – Lado esquerdo.

TT – trinca transversal.

TL – trinca longitudinal.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil está se modernizando, as empresas estão adquirindo mais tecnologia e necessitando de logística de transporte mais avançada. Segundo dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT) de 2014, há 203,6 mil de quilômetros de rodovias pavimentadas distribuídas pelo País e o modal rodoviário representa aproximadamente 60% do transporte de cargas. Devido à dependência de pessoas e movimentação de cargas ao setor rodoviário, evidencia-se a importância econômica e social de uma malha eficiente.

A falta de investimentos em infraestrutura de transporte gera prejuízos e insegurança ao usuário como maior quantidade de acidentes, desperdício de carga, acréscimo de consumo energético e financeiro de combustíveis e déficit de atendimento à população. Além da falta de investimentos, o volume intenso de tráfego, o excesso de carga nas vias e a drenagem falha e obstruída dos pavimentos são fatores determinantes na deterioração das rodovias. Trafegar em rodovias com condições ruins acarreta em 45% a mais de custo operacional dos veículos, 100% mais tempo de viagem e acréscimo significativo no custo final dos produtos transportados (TIZZOT, 2004 apud ALBANO, 2005).

Quando o pavimento deixa de atender os requisitos básicos de conforto e segurança ao usuário, alguma solução deve ser tomada. Para a decisão é necessário que sejam analisadas todas as alternativas levando em conta a disponibilidade de materiais, de mão de obra, tecnologia e custo. Ainda que uma técnica tenha um custo menor, deve-se analisar sua durabilidade.

A escolha brasileira por rodovias carrega consigo o problema de limitação de recursos naturais, matrizes energéticas e matérias primas. Busca-se então uma alternativa mais sustentável neste meio. Visando a valorização e reaproveitamento dos recursos, a reciclagem é um tema amplamente discutido, o qual pode ser aplicado em restauração de pavimentos.

A reciclagem de pavimentos atende exigências sustentáveis além de parâmetros técnicos. Com a evolução da tecnologia e disponibilidade de equipamentos, é bastante interessante o uso da reciclagem em rodovias com defeitos profundos. A primeira utilização de reciclagem de pavimentos no Brasil foi realizada no Rio de Janeiro em 1960 com

métodos bastante primitivos. Como a técnica é relativamente nova, estudos técnicos e financeiros são de extrema importância.

Investimentos contínuos são eficientes para situações operacionais melhores, vide rodovias concessionadas que possuem significativas melhorias em relação às de gestão pública. Segundo estudos de 2013 da CNT, 63,8% das rodovias brasileiras pavimentadas eram consideradas “regulares”, “ruins” ou “péssimas”. A CNT avalia em R\$ 355,2 bilhões o valor necessário de investimentos em infraestrutura rodoviária. Em 2013, o governo federal autorizou apenas R\$ 12,7 bilhões. Dada a defasagem de investimentos, é importante que os gastos com infraestrutura sejam otimizados e as obras tenham maior durabilidade.

Sustentabilidade e políticas verdes são tópicos que vem ganhando força em termos mundiais desde a assinatura do Tratado de Kyoto. A engenharia deve buscar novos materiais e técnicas para prevenir e mitigar impactos ambientais, sendo a reciclagem de pavimentos um dos métodos. Entretanto, a falta de banco de dados sobre o assunto é realidade no Brasil e esse trabalho tem como objetivo prover dados referentes a reciclagem a frio com adição de cimento.

O segmento de estudo, apresentado como segmento de referência, está localizado na SC-150 entre BR-282 em Joaçaba até Capinzal (SC). Este possui 1600 (mil e seiscentos) metros de extensão e está localizado no município de Capinzal. A SC-150 foi a primeira rodovia do Estado a ser restaurada por reciclagem a frio com adição de cimento, nos anos de 2006 e 2007. O segmento de referência encontra-se no trecho restaurado no ano de 2007.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho a longo prazo da reciclagem com adição de cimento empregada na restauração da SC-150.

1.1.2 Objetivos Específicos

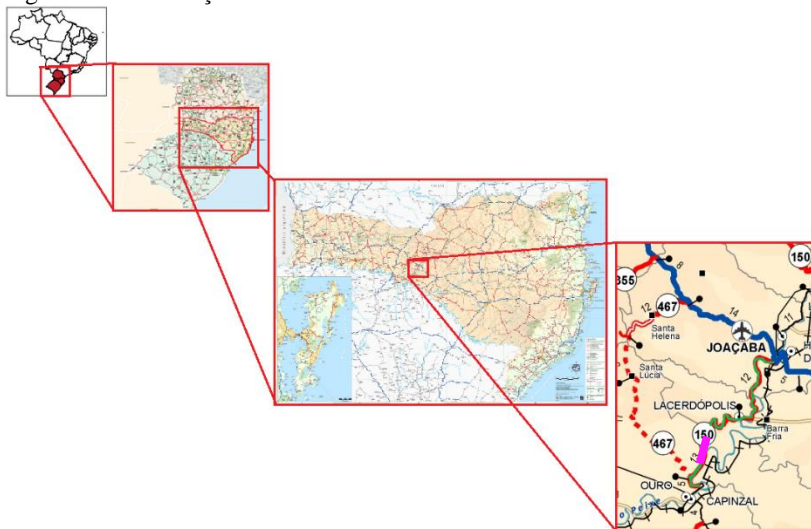
- Analisar a evolução das patologias ao longo dos anos;
- Analisar a evolução da irregularidade longitudinal no pavimento;

- Avaliar a condição estrutural do pavimento através da evolução das bacias de deflexão e retroanálise do pavimento;
- Analisar a evolução da trilha de roda;
- Comparação de resultados com exigências de rodovias concessionadas.

1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O segmento de referência da pesquisa faz parte da obra de reciclagem a frio efetuada na rodovia SC 150, trecho BR-282 entre a sede do município de Joaçaba até a sede do município de Capinzal (Figura 1). Este segmento tem extensão de 1600 (mil e seiscentos) metros e está localizado no município de Capinzal, Santa Catarina.

Figura 1 – Localização da Área de Estudo



Legenda:

- Segmento de referência
- SC-150

(Adaptado pela autora através de dados do Ministério dos Transportes e DEINFRA)

1.3 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

A apresentação do presente trabalho está dividida em 6 capítulos descritos na sequência.

No Capítulo 1 – INTRODUÇÃO, é apresentado o panorama das rodovias brasileiras, a motivação para a realização do presente trabalho, os objetivos que se almeja alcançar e a localização da área de estudo.

No Capítulo 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, é apresentado o enfoque técnico de literaturas disponíveis sobre o assunto. Este é o embasamento para a metodologia da pesquisa e da análise de resultados.

No Capítulo 3 – O PROCESSO DE RECICLAGEM EXECUTADA NA SC-150 – TRECHO BR-282 JOAÇABA – CAPINZAL, é descrito o histórico do segmento de estudo, as diretrizes utilizadas para projeto executivo e é apresentado o método de execução realizado no segmento de referência.

No Capítulo 4 - MÉTODO DO TRABALHO, são apresentadas as etapas desenvolvidas para obtenção de resultados. São descritos os métodos, softwares e dados disponíveis para análise.

No Capítulo 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES, são apresentados todos os resultados obtidos através da metodologia descrita no capítulo anterior, incluindo as discussões de retroanálise e estimativa de vida útil do pavimento.

No Capítulo 6 – CONCLUSÕES, são resumidos os resultados e conclusões obtidos com a pesquisa, além de apresentar a recomendação para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

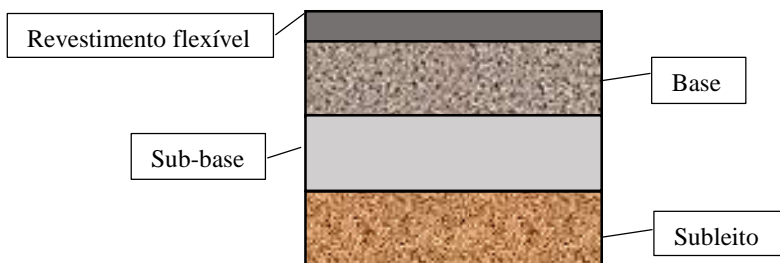
2.1 PAVIMENTO

2.1.1 Definição e Conceitos Gerais

Pavimento é uma estrutura formada por múltiplas camadas finitas assentadas sobre um espaço teoricamente infinito chamado subleito. Estas camadas são responsáveis por resistir e distribuir no solo as forças verticais e horizontais atuando sobre o mesmo de forma a gerar comodidade e segurança ao usuário. Os pavimentos podem ser classificados em rígidos ou flexíveis.

Os pavimentos flexíveis possuem base granular e revestimento asfáltico. As tensões de compressão geradas pelas cargas de tráfego são distribuídas pelas camadas através da absorção de tensões cisalhantes (GONÇALVES, 1999). Em situações normais, além do revestimento flexível, são assentadas uma camada granular de base e uma de sub-base sobre o subleito semiinfinito. Os defeitos mais comuns nesse tipo de estrutura são trincas e afundamentos de “trilha de roda”. O trincamento por fadiga é resultado das tensões e deformações de tração na fibra interior do revestimento, enquanto os afundamentos são gerados por repetição de forças verticais e tensões de compressão.

Figura 2 – Estrutura Tipo de Pavimento Flexível

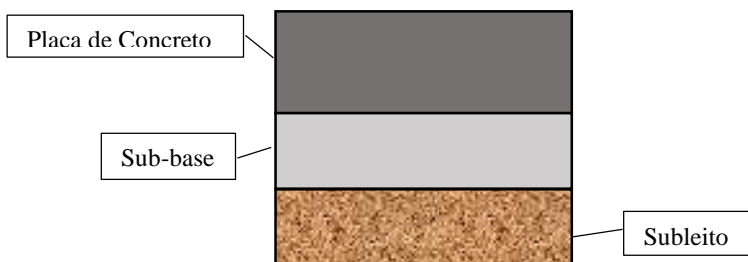


(Elaborado pela autora)

De acordo com Mesquita (2001), o pavimento rígido é constituído por uma placa de concreto de cimento Portland com considerável rigidez à flexão, a qual tem função de revestimento e de camada estrutural. A

placa de concreto pode ser armada ou não, é apoiada sobre uma sub-base de material granular estabilizada ou não com cimento que é então assentada sobre uma camada teoricamente infinita chamada subleito. Este tipo de pavimento em relação ao pavimento flexível é mais caro e, devido à sua maior rigidez, mais resistente, portanto tem maior aplicação em locais com grandes solicitações de tráfego e cargas e em pistas de aeroportos.

Figura 3 – Estrutura Tipo de Pavimento Rígido



(Elaborado pela autora)

Visando dimensionar um pavimento com qualidade e durabilidade, é necessário que sejam conhecidas as propriedades do material que está sendo utilizado, as condições climáticas e geológicas do local de aplicação, além de tráfego previsto para o período de projeto (BERNUCCI et. al, 2010).

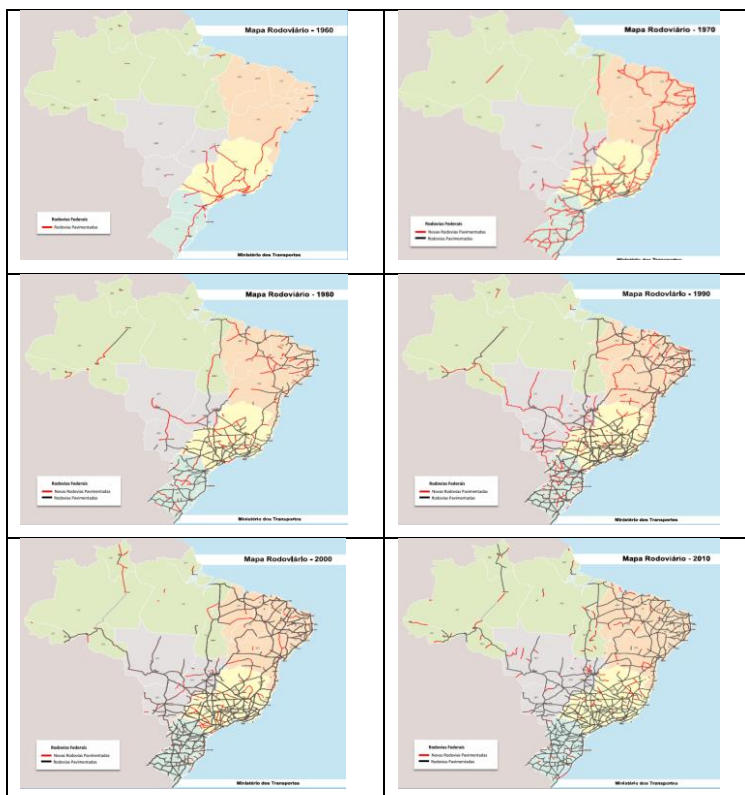
Bernucci et al (2010), destacam em sua obra os materiais utilizados nas camadas de base, sub-base e reforço de subleito (quando necessário). Dentre eles, destacam-se agregados, solos, aditivos estabilizadores como cimento, cal e emulsão asfáltica. A escolha do material utilizado dependerá da disponibilidade no local de execução da obra, mas é necessário que sejam resistentes, pouco deformáveis e com permeabilidade adequada quando compactados.

2.2 SITUAÇÃO ATUAL DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL

De acordo com o Boletim Estatístico da Confederação Nacional de Transportes (CNT) de 2014, a malha rodoviária pavimentada no Brasil é de 203.599 km, deste total 32% correspondem a rodovias federais, 54%

estaduais e 14% a malha rodoviária municipal. O primeiro grande investidor na abertura de rodovias no Brasil foi o então presidente Juscelino Kubischek entre 1955 e 1961. Com a implantação da indústria automobilística no Brasil e suas ideias ousadas de “50 anos em 5”, Juscelino expandiu a rede pavimentada do país em 300% somente nos dois primeiros anos de governo. Desde então esses números crescem cada vez mais (Figura 4).

Figura 4 – Mapas Rodoviários Brasileiros (1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010)



(Fonte: Ministério dos Transportes, 2013)

Houve uma queda nos investimentos em infraestrutura no país no início da década de 90 (Gráfico 1), o que gerou ineficiências no tráfego, maior número de acidentes, níveis insuficientes de conservação e déficit de capacidade e de cobertura da malha rodoviária em várias regiões do Brasil (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2013). Além dos fatores

citados anteriormente, a falta de investimentos ocasiona maior gasto com manutenção e combustíveis além do desperdício de carga.

Gráfico 1 – Investimentos em Rodovias no Brasil (Média Anual)



(Adaptado pela autora de Ministério dos Transportes, 2013)

Apesar de os investimentos voltarem a crescer, as Pesquisas CNT de Rodovias elaboradas pela Confederação Nacional de Transportes em 2012 e 2013 apontaram a extensão rodoviária classificada como regular, ruim ou péssima é crescente (Quadro 1). O estudo analisou aproximadamente 100.000 km de rodovias federais e estaduais, com gestão pública e com concessão. No mesmo estudo, apenas 9,9% da malha foi considerada ótima levando em conta parâmetros como sinalização, geometria e pavimentação. Considerando apenas o quesito pavimento, 54,1% foram consideradas ótimas.

Quadro 1 – Classificação Geral de Rodovias em Estado “regular”, “ruim” ou “péssimo” (2011, 2012, 2013)

| Anos | Estado Geral “regular”, “ruim” ou “péssimo” |
|------|---|
| 2011 | 54,7% |
| 2012 | 62,7% |
| 2013 | 63,8% |

Compilado pela autora através de dados da Confederação Nacional de Transporte (CNT), 2012, 2013.

Em relação às rodovias, as diretrizes do Ministério do Transporte são expandir o sistema viário através de adequação de capacidade de rodovias, construção em regiões em desenvolvimento e implantação de contornos e travessias urbanas; realizar a manutenção e segurança rodoviária melhorando a qualidade do pavimento e elevando a extensão de malha considerada boa e ótima para 60% até o final de 2014; e investir em estudos e projetos. A CNT em sua Pesquisa CNT de Rodovias 2013, avalia em R\$ 355,2 bilhões o investimento necessário em infraestrutura, entretanto o governo federal autorizou em 2013 o uso de R\$ 12,7 bilhões em investimentos rodoviários.

2.3 RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS

De acordo com DNIT (2007), restauração é uma forma de manutenção em que se regenera o pavimento asfáltico, visando manter a rodovia em condições satisfatórias de operação.

2.3.1 Avaliação dos Pavimentos Flexíveis

Como fase preliminar de um projeto de restauração de pavimentos, é exigida uma detalhada avaliação qualitativa e estrutural da condição existente da rodovia. Nesta avaliação deve-se levar em conta seu projeto original, as condições atuais da superfície, o material utilizado e geologia local, suas condições estruturais e de rugosidade, as solicitações de tráfego, de aderência, drenagem e também as condições climáticas na área. Estes itens combinados refletem em um conhecimento de causa aprofundado e são subsídio da escolha de método mais viável em termos econômicos e técnicos.

O método de avaliação objetiva mais comum no mercado é o Índice de Gravidade Global. Este classifica a rodovia em aspectos gerais, considerando a incidência de defeitos na superfície. O índice é calculado através da ponderação de cada tipo de defeito presente no inventário de patologias do pavimento e suas frequências. Seus conceitos variam de “Ótimo” para índices entre 0 e 20, passando por “Bom”, “Regular”, “Ruim” até “Péssimo” com índice maior do que 160 (DNIT, 2006).

2.3.1.1 Defeitos

Com o tempo, condições climáticas e uso do pavimento, inúmeras patologias são geradas. Entre elas estão as trincas, afundamentos, ondulação/corrugação, escorregamento do revestimento betuminoso, exsudação do ligante no revestimento, desgastes e “panelas” ou buracos. A avaliação qualitativa e quantitativa desses defeitos ajuda a criar uma análise funcional do pavimento.

2.3.1.2 Trincas

A trinca é um dos defeitos mais significativos para intervenções nos pavimentos, visto que deixa entrar água na estrutura do pavimento enfraquecendo-o ainda mais. Há vários tipos de trincamento, sendo as mais comuns por fadiga, por reflexão, por envelhecimento e por variação de temperatura.

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) especifica os tipos de trincas existentes. As trincas por fadiga normalmente ficam confinadas nas trilhas de roda e se parecem com couro de jacaré. As por envelhecimento ocorrem devido à perda de elementos do ligante betuminoso e tornam-se susceptíveis a rompimentos. Por fim, as trincas por reflexão atingem o revestimento depois de terem seu surgimento em alguma camada inferior. Estas podem ser longitudinais, irregulares ou interligadas. As trincas de variação de temperatura são geradas através da retração térmica do pavimento e apresentam-se transversalmente ou longitudinalmente.

2.3.1.3 Fendas

Fendas são descontinuidades no pavimento com forma de fissuras, trincas isoladas, longitudinais ou interligadas (DNIT, 2006). O esquema dos tipos de trincas está demonstrado nas figuras seguintes.

Figura 5 – Trinca Longitudinal na SC-150, 2014 (km 24+660 LD)



Figura 6 – Trinca Transversal na SC-150, 2012 (LE)



Figura 7 – Trincas interligadas na SC-150, 2014 (LD)



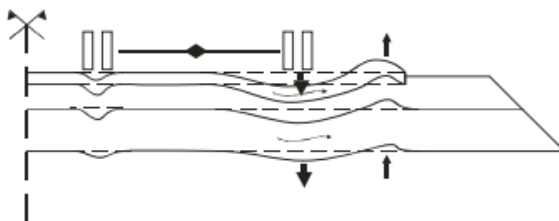
Figura 8 – Trincamento generalizado SC-150, pré restauração



2.3.1.4 Afundamentos

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT define afundamento como uma deformação permanente devido à depressão do revestimento do pavimento, com ou sem sollevamento. Pode ser causado por influência plástica de camadas do pavimento ou do subleito – afundamento plástico, ou então pela consolidação diferencial das camadas – afundamento de consolidação. Caso a extensão do afundamento ultrapasse 6 metros, este é considerado “afundamento de trilhas de roda”.

Figura 9 – Afundamento plástico nas trilhas de roda



Fonte: Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos – DNIT (2006)

Figura 10 – Afundamento por consolidação nas trilhas de roda



A trilha de roda pode ser determinada junto à medição de irregularidade longitudinal, quando a mesma é avaliada em ponto coincidente com as trilhas. Os métodos de medição de afundamento de trilha de roda são as medidas topográficas, por equipamentos medidores do perfil longitudinal com ou sem contato, ou indiretamente através de equipamentos que fornecem somatório de desvios do eixo do veículo em relação à suspensão.

2.3.1.5 Painelas (buracos)

Painelas são cavidades encontradas no revestimento de tamanho e formas variadas. Este defeito afeta estruturalmente o pavimento, permite acesso de água às camadas inferiores, afeta a irregularidade longitudinal,

a segurança do tráfego e impacta no custo do transporte (DNIT, 2006). Podem ser causadas por trincamento por fadiga em estado terminal e por desgastes severos.

2.3.1.6 Classificação dos Defeitos

A norma DNIT 005/2003 classifica os defeitos nos pavimentos flexíveis de acordo com seu tamanho e características. Esta classificação está apresentada no Quadro 2. Alguns tipos de defeitos são demonstrados nas Figura 11 e Figura 12.

Quadro 2- Quadro Resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

| FENDAS | | | | Codificação | Classe das Fendas | | |
|---|-----------------------------|--|---|--------------------|--------------------------|------|------|
| Fissuras | | | | FI | - | - | - |
| Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga | Trincas Isoladas | Transversais | Curtas | TTC | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | | Longas | TTL | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | Longitudinais | Curtas | TLC | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | | | Longas | TLL | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | Trincas Interligadas | "Jacaré" | Sem erosão acentuada nas bordas das trincas | J | - | FC-2 | - |
| | | | Com erosão acentuada nas bordas das trincas | JE | - | - | FC-3 |
| Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno da fadiga | Trincas Isoladas | Devido à retração térmica ou dissecação da base (solocimento) ou do revestimento | | TRR | FC-1 | FC-2 | FC-3 |
| | Trincas Interligadas | "Bloco" | Sem erosão acentuada na borda das trincas | TB | - | FC-2 | - |
| | | | Com erosão acentuada nas bordas das trincas | TBE | - | - | FC-3 |

| OUTROS DEFEITOS | | | | Codificação |
|---|-----------------|---------------------|--|-------------|
| Afundamento | Plástico | Local | Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito | ALP |
| | | Da Trilha | Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito | ATP |
| | De Consolidação | Local | Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito | ALC |
| | | Da Trilha | Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito | ATC |
| Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base | | | | O |
| Escoregamento (do revestimento betuminoso) | | | | E |
| Exsudação do ligante betuminoso do revestimento | | | | EX |
| Desgaste acentuado na superfície do revestimento | | | | D |
| "Painelas" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores | | | | P |
| Remendos | | Remendo Superficial | | RS |
| | | Remendo Profundo | | RP |

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0 mm.

FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0 mm e sem erosão nas bordas.

FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0 mm e com erosão nas bordas.

Adaptado de DNIT 005/2003 – TER

Figura 11 – Trinca do tipo FC-1 (SC-150 LE)



Figura 12 – Trinca do tipo FC-2 (SC-150 LE)



Figura 13 – Buraco ou panela (SC-150 LE)



2.3.2 Desempenho Estrutural do Pavimento

Desempenho estrutural é a capacidade de um pavimento em manter sua integridade estrutural sem falhas significativas (DNIT, 2006). Ao se detectar trincamento por fadiga em uma área maior do que 20% do pavimento e/ou trilhas de roda acima de 1,2 cm é sinal de que há comprometimento estrutural da rodovia. Há ensaios destrutivos e não destrutivos para a confirmação do comprometimento.

2.3.2.1 Deflexão e Métodos de Medição

O deslocamento vertical da superfície do pavimento devido à passagem da carga de rodas é chamado de deflexão. Parte deste deslocamento é recuperada rapidamente, sendo então resiliente, e parte é permanente, não recuperável após a solicitação. Este tipo de deformação pode ser considerado elástico, embora sua repetição seja responsável pela fadiga em camadas cimentadas e betuminosas (BORGES, 2001).

Alguns fatores que influenciam a deflexão são o tipo de solo do subleito, teor de umidade e grau de compactação, temperatura, incidência de tráfego e forma de aplicação do carregamento (LUVIZÃO, 2014 apud SIMM JUNIOR, 2007).

Dois métodos de avaliação não-destrutiva são amplamente utilizados para medição em campo da deflexão (deflectômetros), sendo eles a Viga Benkelman e *Falling Weight Deflectometer* (FWD).

2.3.2.1.1 Viga Benkelman

O mais antigo deflectômetro desenvolvido, foi a Viga Benkelman, Segundo Bernucci et al (2010), este é um método semi-estático de medição de deflexões e mede-a através da aplicação de uma carga localizada no eixo entre os pneus da roda geminada traseira de um caminhão deslocando-se a uma velocidade muito baixa. Desta forma, é feita uma medida de deflexão (L_i) e então 10 metros depois, ou até o extensômetro parar de variar, outra medida (L_f) quando o pavimento já é considerado descarregado. A diferença entre as mesmas demonstra a parcela de deflexão permanente e a parcela de deformação permanente. Todas as medições intermediárias devem ser referenciadas à leitura final. Este método é trabalhoso e de baixa precisão dado que é realizado com leituras manuais. A deflexão máxima (d_0) é calculada da seguinte maneira:

$$d_0 = (L_i - L_f) \cdot K \quad (1)$$

Aonde K é a constante da Viga, dada pela relação entre seus braços maior e menor.

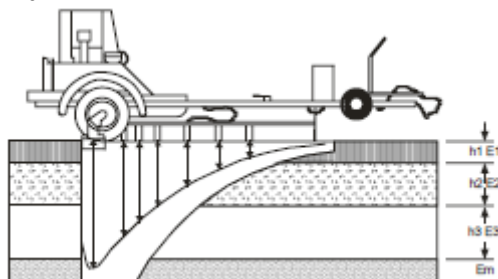
2.3.2.1.2 Falling Weight Deflectometer (FWD)

O método FWD utiliza um equipamento de medição por impulso, aonde uma força é causada através do impacto da queda de uma massa sobre uma placa que transmite esforço ao pavimento. A leitura é realizada através de sensores distribuídos em um suporte instalado no reboco de um caminhão. Embora seja um método caro e que exige calibrações

sofisticadas, o FWD é bastante produtivo e eficiente em suas medições já que não depende de operador.

O DNIT cita no seu Manual de Restauração de Pavimentos (2006) que a maior vantagem deste método de medição é sua capacidade de simular as características de carga de tráfego em termos de magnitude e frequência. Desta forma, obtém-se deformadas completas, precisas e com aquisição automática de dados.

Figura 14 – Representação da deformada obtida com FWD



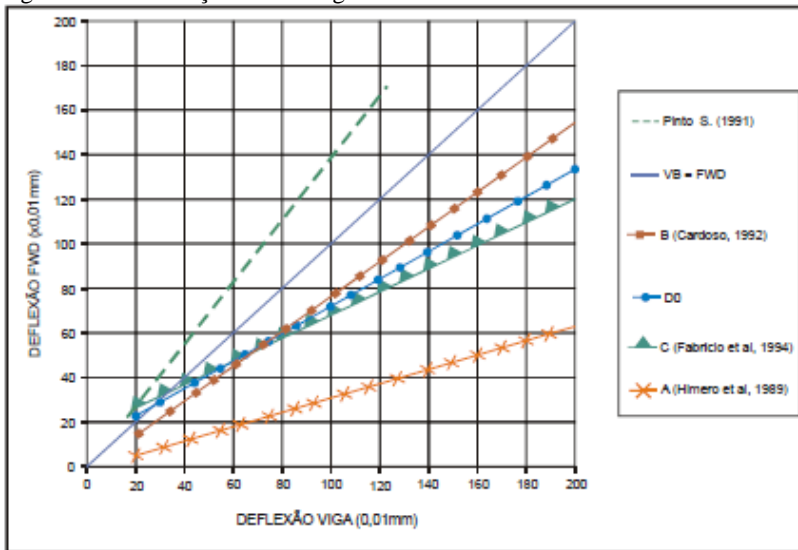
Fonte: Manual de Restauração de Pavimentos DNIT (2006)

O ponto de máxima deflexão está situado embaixo da roda como se pode ver na Figura 14. Este ponto é chamado de D0 e é o referencial para os próximos sensores que são denominados a partir da distância deste sensor. Por exemplo: sensor a 25 cm de D0 é chamado de D25 e assim sucessivamente.

2.3.2.1.3 Relação Entre Deflexões Medidas com Viga Benkelman e FWD

Há várias correlações entre deflexões obtidas por Viga Benkelman e por FWD, as quais são dependentes da resposta elástica do pavimento. Em geral, considera-se que os valores medidos por viga são superiores do que os de FWD. CBS Borges (2001) fez um estudo comparativo entre os modelos e mostra que para valores baixos de deflexão, entre 20×10^{-2} mm e 40×10^{-2} mm variam muito pouco com o método adotado de levantamento e demonstra graficamente seus resultados como se pode ver na Figura 15.

Figura 15 – Correlações entre Viga Benkelman e FWD



Fonte: CBS Borges (2001)

2.3.3 Retroanálise

A retroanálise é um processo analítico de avaliação estrutural de pavimentos que tem como objetivo determinar o módulo resiliente (MR) de cada camada do pavimento existente, por meio das deflexões medidas. Softwares específicos utilizam dados de espessuras das camadas da estrutura retiradas de levantamento histórico ou sondagens, das deflexões medidas e da arbitragem de coeficientes de Poisson para calcular o módulo de resiliência através de iterações. Os valores finais encontrados são considerados os módulos da situação atual de campo.

Há vários softwares que, através de diferentes métodos, auxiliam no cálculo dos módulos, entre eles REPAV V2, RETOANA, EVERCALC5, BAKFAA e ELSYM 5. Os métodos influenciam na magnitude dos módulos calculados, o que influencia na interpretação da estrutura do pavimento (CAVALCANTE, C. de M. B. et. al, 2007). O erro médio quadrado, RMS (Root Mean Square Error), é o parâmetro utilizado para análise de precisão do resultado, o qual depende da deflexão calculada, a deflexão medida e o número de iterações que o

programa realizou. Cada bacia possui seu valor de RMS. Quanto mais próximo de zero, melhor é a estimativa do valor de módulo encontrado.

2.3.3.1 Módulo de Resiliência e Coeficiente de Poisson

Resiliência é a energia armazenada num corpo deformado elasticamente, que é devolvida quando cessam as tensões causadoras das deformações (LUVIZÃO, 2014). Isto significa que o módulo resiliente está diretamente ligado às deformações de natureza elástica ou recuperável. O módulo de resiliência, assemelha-se ao módulo elástico, parâmetro utilizado para materiais elásticos comuns como vidro e aço. Entretanto, como os materiais usados na pavimentação estão sujeitos a cargas repetitivas e absorvem deformações de magnitude superior aos materiais comuns, estão altamente sujeitos a fadiga e devem ser analisados através de seu próprio módulo. Da mesma forma que o módulo elástico, o módulo resiliente é definido como uma relação linear entre tensão e deformação.

De acordo com SIMM JUNIOR (2007) apud LUVIZÃO (2014), o módulo resiliente de materiais não coesivos aumenta com o aumento das tensões, aumento da densidade, a ausência de finos na mistura, aumento de tamanho dos agregados, diminuição da umidade e aumento da angularidade do material.

2.4 RECICLAGEM DE PAVIMENTOS

Reciclagem é um tipo de restauração de pavimentos em que se utiliza integral ou parcialmente o material original do pavimento com ou sem correção na quantidade de agregados e com ou sem adição de ligantes e estabilizadores. O objetivo da reciclagem é a conservação da matéria prima e energia, preservando o meio ambiente e manutenção das condições geométricas existentes.

O revestimento asfáltico envelhecido perde suas propriedades originais por oxidação e volatilização, entretanto com adição de asfalto novo ou agente rejuvenecedor ele consegue recuperar suas propriedades atuando como material novo. Desta forma, reduz-se a quantidade de

matéria prima necessária e mantem-se a qualidade. Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos do DNIT (2006), a reutilização do revestimento de concreto asfáltico pode precisar de cerca de 1 a 3% de asfalto adicional, enquanto a mistura nova de concreto asfáltico exige cerca de 6% de betume.

Luvizão (2014) afirma que a necessidade da reciclagem se dá quando a funcionalidade ou a estrutura da rodovia estão comprometidas de forma que o pavimento tem baixa qualidade, há desconforto ao trafegar na via, baixo coeficiente de atrito entre o pneu e o pavimento, excesso de necessidade de manutenção e de custo operacional e capacidade estrutural inadequada. Uma das vantagens da reciclagem é a fácil execução de restauração de somente uma pista da rodovia, assegurando drenagem adequada e evitando desníveis na pista. Entre as demais vantagens estão a conservação de agregados e energia, preservação do meio ambiente e manutenção das condições geométricas existentes.

Escolhida a reciclagem de pavimentos como método de restauração, precisa-se definir a modalidade desejada (a quente ou a frio, *in situ* ou na usina), considerando a condição da superfície, capacidade estrutural, qualidade do material, disponibilidade de material virgem, irregularidade longitudinal, resistência à derrapagem, localização e extensão do trecho, classe da rodovia, seção transversal do pavimento, condições geométricas, tráfego, remanejamento do tráfego, disponibilidade de equipamento, características do subleito e da base e objetivo da restauração (DNIT, 2006).

2.4.1 Reciclagem a Quente

No processo de reciclagem a quente, parte ou toda a estrutura do pavimento é removida e reduzida a dimensões apropriadas para ser misturada a quente no próprio local ou em usina estacionária com ou sem correção de agregados e adição de cimento asfáltico e agente rejuvenescedor (DNIT, 2006). Esta técnica pode ser aplicada no local da obra, “*in situ*”, ou pode ser levada para usinas de asfalto. Em ambos os processos, há adição de novos agregados, aditivos, betume e quando necessário, agente rejuvenescedor.

Na reciclagem a quente *in situ*, a camada de revestimento e possivelmente parte da base são cortadas, corrigidas e reaplicadas no pavimento sem que a máquina saia do local. No caso de reciclagem a quente em usina asfáltica, normalmente é realizado o corte a frio, o material é levado para a usina, misturado e recuperado e então reaplicado no pavimento.

Este processo exige maior quantidade de energia e possui custo mais elevado do que a reciclagem a frio. Entretanto, a mistura fica mais homogeneizada e a camada reciclada com mais qualidade.

2.4.2 Reciclagem a Frio

A reciclagem a frio, objeto do presente estudo, consiste em fresagem do pavimento existente com correção granulométrica e adição de aditivos e agentes rejuvenescedores caso necessário. Esta técnica pode ser aplicada no local da obra, *in situ*, ou pode ser levada para usinas de asfalto.

No caso de reciclagem a frio *in situ*, o processo de fresagem, correções, mistura e aplicação são realizados no local da obra através de máquina específica móvel. Atualmente, através do uso de equipamentos modernos de reciclagem é possível produzir misturas com granulometria muito próximas das definidas em laboratório, desta forma aumenta-se a confiabilidade dos projetos de reciclagem “*in situ*”. Caso a reciclagem seja realizada em usina, o material cortado é levado para a usina asfáltica, misturado a frio e retorna para aplicação no pavimento.

Segundo a Petrobrás (2014), a reciclagem a frio *in situ* tem vantagens econômicas em relação aos outros métodos, como maior velocidade de execução, total reaproveitamento do material fresado, redução de aproximadamente 80% do custo dos materiais, mistura em usinas convencionais, menor consumo de derivados do petróleo e agregados. Quanto às vantagens ecológicas e sociais, a reciclagem a frio *in situ* evita o bota-fora, tem melhor relação custo-benefício, além de rápida execução e consequente menor interferência no tráfego. Por fim, a

produção da mistura reciclada é semelhante a de misturas novas e é de simples controle.

2.4.3 Reciclagem a Frio com Adição de Cimento Portland

A reciclagem pode ter adição de vários ligantes, tais quais espuma de betume, cal e cimento, emulsão asfáltica, cimento com emulsão e cimento Portland. Como o foco do presente trabalho é reciclagem a frio com adição de cimento, este será o processo detalhado.

O Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina (DEINFRA) especifica o serviço de reciclagem profunda de pavimento com adição de cimento Portland através da DEINFRA-SC-ES-P-09/12. Neste mesmo documento, a técnica é definida como “um processo de reconstrução parcial da estrutura do pavimento com o emprego de equipamentos específicos para essa finalidade.”. O método construtivo consiste em corte do pavimento com adição simultânea de materiais previamente definidos em projeto, mistura, homogeneização, compactação e acabamento através de tratamento superficial. Depois de reconstruída a camada de base, é implantada uma camada de revestimento.

O material granular proveniente da camada existente deve ser ensaiado em laboratório quanto a sua granulometria e deve-se encaixar em uma das faixas aceitáveis pelo DEINFRA (2012) (Quadro 3).

Quadro 3 – Faixas Granulométricas para Reciclagem a Frio com Adição de Cimento Portland

| Peneira de malha quadrada | | Porcentagem passando em peso (%) | | Tolerância da faixa de projeto |
|----------------------------------|----------------------|---|------------|---------------------------------------|
| ABNT | Abertura (mm) | II | III | |
| 2" | 50 | 100 | 100 | ± 7 |
| 1" | 25 | 75 - 90 | 100 | ± 7 |
| 3/8" | 9,5 | 40 - 75 | 50 – 85 | ± 7 |
| Nº 4 | 4,75 | 30 - 60 | 35 – 65 | ± 5 |
| Nº 10 | 2 | 20 - 45 | 25 – 50 | ± 5 |
| Nº 40 | 0,425 | 15 - 30 | 15 – 30 | ± 2 |
| Nº 200 | 0,075 | 5 - 15 | 5 – 15 | ± 2 |

(Adaptado pela autora de DEINFRA, 2012)

Outras diretrizes de projeto que devem ser respeitadas são:

- Limitação da participação do revestimento betuminoso em 50% em peso em relação à massa seca da mistura reciclada;
- Mínimo de 95% de material reciclado passante pela peneira 2”;
- Máximo de 15% de finos passantes pela peneira Nº 200;
- Mínimo de 50%±5% de material passante pela peneira Nº 4;
- Inexistência de descontinuidades na curva granulométrica;
- Obter resistência à compressão simples, aos sete dias, entre 2,1 e 2,5 MPa e resistência à tração por compressão diametral, aos sete dias entre 0,25 e 0,35 MPa.

As bases que possuem estabilização com utilização de cimento Portland apresentam melhores propriedades mecânicas de resistência a tração e compressão, elevam o módulo elástico e garantem menos deformabilidade à mistura (ARANHA, A. L., 2013). Uma base cimentada de 10 cm pode equivaler a uma base de brita graduada simples de 25 cm de espessura quanto à capacidade de distribuição de esforços (ARANHA, A. L. apud BALBO, 2013).

2.4.4 Estudos Realizados no Brasil

Paez (2012), estudou a reciclagem a frio com adição de cimento em 10 km da SP-253, no interior do Estado de São Paulo. O estudo consistiu em avaliar a resistência de três pontos com misturas variadas. Na primeira mistura houve adição de 4% de cimento além de 20% de brita de 2" para correção granulométrica. Nesta situação, a resistência à compressão aos 7 dias de cura foi superior a 2,5 MPa. No segundo ponto, a mistura teve 3% de cimento adicionado e os mesmos 20% de brita 2" para correção de granulometria. Novamente o desempenho à compressão foi superior a 2,5 MPa. No terceiro caso não foi adicionado cimento, a única correção feita foi adição de 20% de brita 2". Esta mistura foi avaliada através do Índice de Suporte Califórnia, apresentando desempenho superior a 80%, o que é considerado satisfatório.

Luvizão (2014) afirma que Souza (2009) estudou o desempenho de pavimentos restaurados por diferentes técnicas, na rodovia SP-351, ao longo de 10 anos. A reciclagem na rodovia chegou a valores médios de resistência a compressão simples de 2,74 MPa, com grau de compactação variaram entre 100 e 102,9% e deflexão máxima média de $36,8 \times 10^{-2}$ mm.

2.4.5 Modelo de Fadiga para Pavimentos Reciclados

Luvizão desenvolveu em 2014 um modelo de fadiga para misturas recicladas com adição de 3% de cimento. O modelo obtido é:

$$N = 21,961.SR^{-18,887}$$

onde:

N: Número de ciclos de aplicação de carga; e;

SR: Razão entre as tensões.

Considera-se SR como sendo a relação entre a tensão de tração aplicada na face inferior da camada reciclada e a resistência à tração da mistura reciclada.

O comportamento do modelo desenvolvido assemelha-se aos modelos até então utilizados. Sua eficiência será comprovada através do acompanhamento do segmento monitorado com o passar dos anos.

Até então um dos modelos utilizados era o de Trichês (1993) para concreto compactado a rolo:

$$N = 10^{(14,961 - 15,014 SR)}$$

onde:

N - Número de ciclos de carregamento para a ruptura;

SR - Tensão de tração na face inferior da camada cimentada/resistência à tração na flexão da camada cimentada.

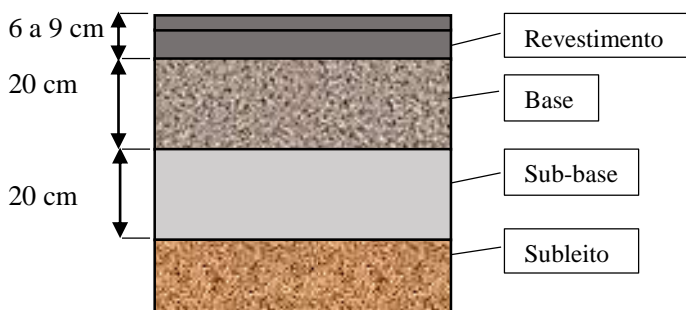
3 O PROCESSO DE RECICLAGEM EXECUTADA NA SC-150 – TRECHO BR-282 JOAÇABA – CAPINZAL

3.1 HISTÓRICO

O trecho em estudo, localizado na SC-150 (antiga SC-303), está localizado entre a interseção com a BR-282 no município de Joaçaba até o município de Capinzal. Esta rodovia foi construída em 1978 em pavimento flexível com revestimento de espessura entre 5 e 6 cm. Em 1992 teve sua primeira intervenção, quando houve um recapeamento de aproximadamente 3 cm nas faixas de rolamento. O acostamento da rodovia não recebeu nenhum tipo de tratamento naquele momento. Como não houve tratamento de trincas na rodovia existente antes da aplicação da nova camada de revestimento, em alguns anos as trincas existentes foram refletidas para a camada superior e foi necessária nova intervenção.

Em 2006, a rodovia se encontrava com 6 a 9 cm de camada de revestimento flexível, 20 cm de base granular, 20 cm de sub-base granular assentados sobre um subleito com Índice de Suporte Califórnia (CBR) de aproximadamente 7,0% (Figura 16).

Figura 16 – Estrutura do pavimento existente



(Elaborado pela autora.)

Ao projetar a restauração da rodovia, executada entre 2006 e 2007, a empresa projetista identificou trincamento generalizado, além de grande número patologias, conforme se pode ver na Figura 17.

Figura 17 – Situação da Rodovia Antes da Restauração



Em um primeiro momento, foi projetada uma camada de 7 a 8 cm de espessura de *overlay* granular sobre o pavimento existente e recapeamento em concreto asfáltico usinado a quente de 8 a 10 cm de espessura. Entretanto, devido ao desnível do revestimento das faixas de rolamento em relação ao acostamento, desnível em relação às residências próximas e à grande defasagem estrutural, foi identificada a necessidade de uma intervenção mais profunda em grande parte do trecho. Então, a projetista em conjunto com a empresa executora e a supervisora contando com auxílio de consultores, decidiu pela implantação da técnica de reciclagem de pavimentos pela primeira vez no estado de Santa Catarina.

Naquele momento praticamente não havia normas ou especificações sobre reciclagem profunda “in situ” de pavimentos no Brasil. Então, em termos de projeto foram seguidas diretrizes de fabricantes de máquinas recicladoras, publicações internacionais e algum material sobre reciclagem publicado no Brasil. reguladora para reciclagem de pavimentos no Brasil.

3.2 DIRETRIZES

Antes da execução da reciclagem, foram coletadas amostras in situ do material existente através de corte das camadas do pavimento ao longo do trecho para ensaios granulométricos em laboratório (Figura 18 e Figura 19).

Figura 18 – Mobilização de equipamentos e pessoas em campo para coleta de material “in situ”



Figura 19 – Corte de material para ensaios granulométricos em laboratório



Em posse dos resultados de laboratório, tentou-se encaixar a faixa granulométrica da suposta nova base com valores padrões. Para isso, foi identificada a necessidade de adição de 15% de agregado virgem, dividido em 12% de agregado miúdo (pó de pedra) e 3% de brita 1” (25 mm). Para auxiliar na correção de finos da mistura, além de melhorar a resistência da base, foi acrescentado cimento Portland. Foi definido em projeto que a resistência a compressão da nova camada de base deveria

ser de no mínimo 2,1 MPa. Visando atender todas as exigências, foram moldados corpos de prova com diferentes proporções de adição de agregado e de cimento. Corpos de prova com adição de 15% de agregado mais 2,5, 3 ou 4% de cimento foram testados em relação a granulometria, compressão simples e tração indireta. Os resultados de adequação granulométrica são apresentados no Quadro 4 e os referentes à resistência à compressão no Quadro 5.

Quadro 4 – Adequação de material corrigido quanto à granulometria

| Peneiras | | % Passante em peso | | | | |
|----------|-------|--------------------|---|---|---|---------------------|
| ASTM | mm | Média 10 Amostras | 82,5% reciclado 15% agregado 2,5% cimento | 82% reciclado 15% agregado 3% cimento | 81% reciclado 15% agregado 4% cimento | Faixa II DEINFRA/SC |
| 2" | 50,80 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100 |
| 1 ½" | 38,10 | 98,6 | 98,7 | 98,8 | 98,9 | 90 – 100 |
| 1" | 25,4 | 82,6 | 85,6 | 85,7 | 85,9 | 75 – 90 |
| 3/8" | 9,52 | 60,8 | 67,7 | 67,9 | 68,2 | 40 – 75 |
| 4 | 4,76 | 41,1 | 51,4 | 51,7 | 52,3 | 30 – 60 |
| 10 | 2,00 | 22,4 | 32,2 | 32,6 | 33,3 | 20 – 45 |
| 40 | 0,42 | 12,1 | 17,1 | 17,5 | 18,4 | 15 – 30 |
| 200 | 0,075 | 5,0 | 8,4 | 8,9 | 9,7 | 5 - 15 |

Cedida por Engevix S.A.

Quadro 5 - Adequação de material corrigido quanto à resistência à compressão

| CORPOS DE PROVA | 2,5% CIMENTO + 15% AGREGADO (Mpa) | 3% CIMENTO + 15% AGREGADO (Mpa) | 4% CIMENTO + 15% AGREGADO (Mpa) |
|-----------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 2,03 | 2,21 | 3,75 |
| 2 | 2,06 | 2,23 | 3,82 |
| 3 | 1,98 | 2,20 | 3,69 |
| Média | 2,02 | 2,21 | 3,75 |

Cedida por Engevix S.A.

Quanto à granulometria, todas as combinações se encaixaram na faixa II do DEINFRA para base, portanto 15% de adição de agregado com 2,5% de cimento seria suficiente. Todavia, quanto à resistência a

compressão simples, somente as misturas com adição acima de 3% de cimento atenderam o requisito mínimo determinado em projeto, de 2,1 MPa após sete dias de cura. Aranha, A. L. apud Balbo (2013) afirma que a adição de cimento aumenta a resistência da base, entretanto, o mesmo em excesso propicia a formação de trincas e fissuras. Portanto, a dosagem deve ser a mínima desde que atenda aos requisitos de resistência. Como 3% foi a adição mínima de cimento com a resistência a compressão especificada, esta foi a mistura adotada para o segmento. Para confirmação dos dados de laboratório, esta mistura foi realizada e compactada em campo e ensaios foram feitos com nove corpos de prova. A estatística comprovou que o resultado era válido. Foi realizado também o ensaio de resistência à tração na flexão e os resultados foram satisfatórios (Quadro 6).

Quadro 6 – Resistência a tração na flexão para mistura com 3% de cimento Portland

| TEOR DE CIMENTO (%) | IDADE (DIAS) | RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES (MPa) | RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO (MPa) | RESISTÊNCIA À TRAÇÃO INDIRETA (MPa) |
|---------------------|--------------|--|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 3,00 | 3 | 1,37 | 0,24 | 0,21 |
| | 7 | 2,13 | 0,34 | 0,34 |
| | 28 | 2,49 | 0,50 | 0,52 |

Cedida por Engevix S.A.

Depois de todos os ensaios e definições, as características finais da mistura são apresentadas no Quadro 7. Todos os ensaios foram realizados no laboratório de pavimentação da Universidade Federal de Santa Catarina.

Quadro 7 – Características finais de projeto de reciclagem

| Características | Peneira | | % Passante da Mistura | Faixa de Trabalho | Faixa Adotada (Faixa II - DEINFRA/SC) |
|------------------------------|---------|-------|-----------------------|-------------------|---------------------------------------|
| | ASTM | mm | | | |
| Durabilidade = 0,3% | 2" | 50,8 | 100 | 100 | 100 |
| Abrasão Los Angeles = 15,7% | 1 1/2" | 38,1 | 98,8 | 90,0 - 100,0 | 90 - 100 |
| Índice de Forma = 0,69 | 1" | 25,4 | 85,7 | 78,7 - 90,0 | 75 - 90 |
| Absorção = 2,4% | 3/8" | 9,5 | 67,9 | 60,9 - 74,9 | 40 - 75 |
| Equivalente de Areia = 70,5% | 4 | 4,8 | 51,7 | 46,7 - 56,7 | 30 - 60 |
| ISC = 342% | 10 | 2 | 32,6 | 27,6 - 37,6 | 20 - 45 |
| MEAS M áxima = 2.210 Kg/m³ | 40 | 0,42 | 17,5 | 15,0 - 22,5 | 15 - 30 |
| Umidade Ótima = 7,2% | 200 | 0,075 | 8,9 | 6,9 - 10,9 | 5 - 15 |

Cedida por Engevix S.A.

3.3 EXECUÇÃO DA RECICLAGEM

Para a execução da reciclagem da base do pavimento foi primeiramente distribuída uma camada de agregado sobre a pista existente com um distribuidor de agregado (Figura 20).

Figura 20 – Distribuição de agregados no trecho



A seguir foi distribuído o cimento sobre o agregado através de um caminhão com barra distribuidora (

Figura 21). Dessa forma, as correções definidas em projetos foram realizadas e a reciclagem do pavimento através da recicladora foi executada (Figura 23). Durante todo o processo de reciclagem com a máquina, havia um caminhão com água (pipa), o qual era conduzido pela recicladora (Figura 22).

Figura 21 – Adição de cimento



Figura 22 – Caminhão irrigador (pipa) corrigindo umidade no trecho



Figura 23 – Reciclagem da base de outro trecho da SC-150



Enquanto a recicladora realizava o serviço, eram coletadas amostras para compactação de corpos de prova. Os corpos de prova eram necessários para verificar a proporção de material e resistência (Figura 24 e Figura 25).

Figura 24 – Coleta de amostra para verificação da taxa de material adicionado



Figura 25 – Coleta de material para ensaios em laboratório



Ao finalizar a reciclagem, a nova camada de base foi compactada com rolos vibratórios do tipo pé de carneiro (Figura 26). O acabamento foi executado com motoniveladora, rolo liso vibratório e de pneus (Figura 27). Ao final da execução foram realizados ensaios de densidade “in situ” da camada reciclada. Para a liberação ao tráfego, foi realizada uma camada de tratamento superficial simples (Figura 28).

Figura 26 – Compactação da camada de base



Figura 27 – Acabamento da camada reciclada



Figura 28 – Execução de tratamento superficial simples



A camada de tratamento superficial foi rapidamente incorporada à base devido ao tráfego. Desta forma, antes da execução do revestimento foi

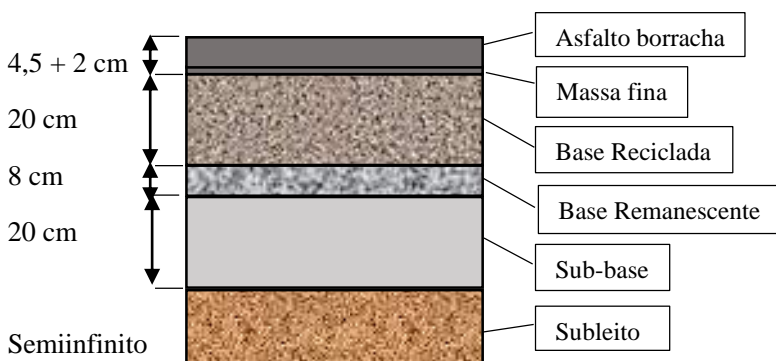
adicionada uma camada de massa fina de aproximadamente 2 cm. Por fim, para complementar o revestimento do pavimento, foi executada uma camada de aproximadamente 4,5 cm de asfalto borracha (Figura 29). Somando a massa fina e revestimento asfáltico a camada da superfície de rolamento ficou com um total de 6 cm aproximadamente.

Figura 29 – Execução do revestimento em asfalto borracha



A estrutura final do pavimento reciclado está esquematizada na Figura 30.

Figura 30 – Estrutura do pavimento reciclado



4 MÉTODO DO TRABALHO

O método utilizado para avaliar o desempenho da reciclagem a longo prazo está dividido em 6 (seis) Etapas:

Etapla 1 - Retroanálise das bacias de deflexão do ano de 2014 através do software BAKFAA para obtenção dos módulos de resiliência das camadas do pavimento reciclado;

Etapla 2 - Análise da evolução temporal das deflexões no pavimento reciclado através dos dados de 2007, 2012 e 2014;

Etapla 3 - Análise da evolução temporal de afundamentos de trilha de roda no pavimento, baseado em dados coletados em campo em 2012 e 2014;

Etapla 4 - Análise da evolução temporal de irregularidade longitudinal (IRI) do pavimento, baseado em dados de 2012 e 2014 e comparando com valor limite adotado pela Agência de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP);

Etapla 5 - Análise temporal quantitativa de evolução de patologias no pavimento de acordo com dados coletados em campo em 2010, 2012 e 2014;

Etapla 6 - Estimativa da vida útil do pavimento através do modelo de fadiga de Trichês e Luvizão (2014), com auxílio do software ELSYM5.

4.1 ETAPA 1 – RETROANÁLISE DAS BACIAS

4.1.1 Programas para Avaliação Estrutural

Atualmente, há vários softwares que através de diferentes métodos auxiliam na avaliação estrutural do pavimento. Desta forma, entende-se a distribuição de tensões e deformações nas diferentes camadas do pavimento e avalia-se o efeito das solicitações sofridas pelo mesmo. Estes

softwares auxiliam no cálculo dos módulos resilientes do pavimento e fazem uma análise de tensão e deformação das camadas elásticas. Entre os mais utilizados estão o REPAV V2, RETOANA, EVERCALC5, BAKFAA e ELSYM 5.

Para o presente estudo foi utilizado primeiramente o software BAKFAA para a retroanálise e definição de módulos de resiliência. Os resultados obtidos foram subsídios para a análise de tensões, a qual foi realizada através do software ELSYM5.

4.1.1.1 BAKFAA

O BAKFAA é um software de retroanálise para camadas elásticas desenvolvido pela Federal Aviation Administration (FAA), órgão de aviação civil dos Estados Unidos da América. O mesmo foi criado com objetivo de atender as pistas utilizadas na aviação, entretanto pode também ser utilizada para pavimentos rodoviários semirrígidos com comportamento elástico, como o do presente trabalho. O subsídio para o uso deste software é o levantamento das bacias deflectométricas com FWD.

Os parâmetros de entrada no programa são os dados de campo, sendo estes a magnitude das bacias, a carga utilizada no momento do levantamento e o raio da roda, além das espessuras das camadas da estrutura, do coeficiente de Poisson (obtido na literatura) e de uma estimativa dos módulos de resiliência iniciais. Através disto, seleciona-se as camadas que terão seus módulos calculados iterativamente e o programa busca a deflexão calculada mais próxima daquela medida em campo. A interface do programa é apresentada na Figura 31.

O erro é avaliado através do valor quadrático médio (RMS), o qual deve convergir a zero. Quanto menor, maior a aproximação entre a bacia calculada e a bacia medida. O erro também pode ser visualmente avaliado através de um gráfico comparativo entre deflexão calculada e deflexão medida na interface do programa (Figura 32).

Figura 31 – Interface do software BAKFAA

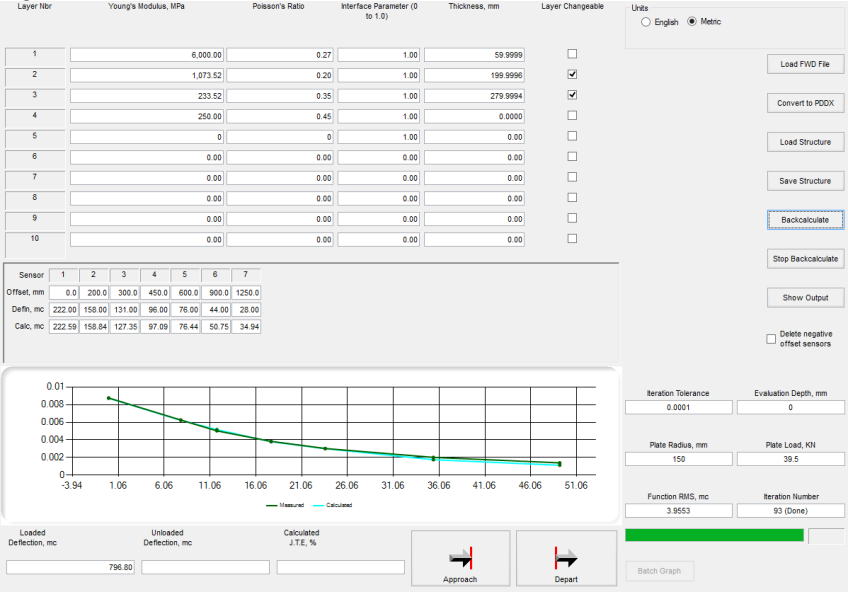
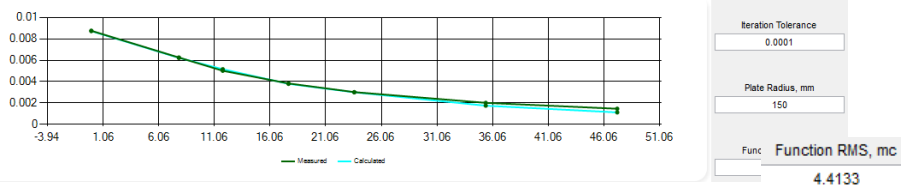


Figura 32 – Detalhe de gráfico comparativo de deflexões medida e calculada (offset x deflexão) e RMS



4.1.1.2 ELSYM5

O software ELSYM5 foi desenvolvido no Instituto de Transportes e Engenharia de Tráfego da Universidade da Califórnia (*Berkeley*) e baseia-se na Teoria Elástica de Sistemas de Camadas, método das diferenças finitas. De acordo com Severi et. al (1999), o pavimento é idealizado como um sistema elástico tridimensional de camadas sobrepostas, num espaço semiinfinito no plano horizontal. Assume-se que o material obedece a lei de Hooke, então segue as seguintes premissas:

- Materiais isotrópicos e homogêneos;

- Comportamento elástico-linear.

No caso de tensões e deformações causadas por múltiplas rodas, é utilizado o princípio de superposição dos efeitos.

Para realizar os cálculos através do ELSYM5, primeiramente é necessário caracterizar o pavimento. Entra-se com o número de camadas, suas espessuras, coeficiente de Poisson e módulo resiliente obtido no BAKFAA (Figura 33). Para camadas semi infinitas (subleito) utilizar espessura zero.

Figura 33 – Caracterização das camadas do pavimento (ELSYM5)

ELASTIC LAYER DATA

Number of layers: 4

| Layer Number | (top to bottom) | Thickness (inches) | Poisson's Ratio | Modulus of Elasticity |
|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | | 6.00 | .20 | 60000.00 |
| 2 | | 20.00 | .27 | 10000.00 |
| 3 | | 28.00 | .35 | 2000.00 |
| 4 | | .00 | .45 | 2500.00 |

*Note: Enter Zero thickness when bottom layer is semi-infinite.

Do you want to modify the data (Y/N)? _

Depois de caracterizar o pavimento, deve-se especificar a magnitude e localização das cargas e pressões atuantes no mesmo. Foram arbitrados valores de 8,2 toneladas-força para eixo-padrão, de 5,6 kgf/cm² para pressão nas rodas e espaçamento entre rodas de 31 centímetros (Figura 34).

Figura 34 – Simulação de carregamento no pavimento (ELSYM5)

```
LOAD DATA

Enter two of the following, the third is calculated.

Load: 2050.00lbs Pressure: 5.60 psi Load Radius: .00inches

Number of load locations: 2

Location      Coordinates
number =      X =      Y =
1            .00      .00
2            31.00     .00

Do you want to modify the data (Y/N)? _
```

Após as definições de características do pavimento e das cargas atuantes, é necessário especificar em qual ponto se quer analisar as tensões e deformações. Foram escolhidos um ponto exatamente abaixo da roda e um entre o eixo, ambos a 26 cm de profundidade, na face inferior da camada de base reciclada.

Figura 35 – Definição de locais de avaliação de tensão (ELSYM5)

```
EVALUATION LOCATION DATA

Results are evaluated for all combinations of X-Y coordinates and
Depths of Z.
Number of X-Y positions: 2
Number of Z position : 1



| Position | X     | Y   | Position | Z     |
|----------|-------|-----|----------|-------|
| 1        | .00   | .00 | 1        | 26.00 |
| 2        | 15.50 | .00 |          |       |



Do you want to modify the data (Y/N)? _
```

Com todos os dados especificados no programa, é possível calcular as tensões e deslocamentos atuantes no ponto solicitado. Convencionalmente, as tensões de compressão são indicadas com o sinal

de negativo ao lado (-) e as de tração, assim como as de cisalhamento, com sinal positivo.

Figura 36 – Resultados obtidos no ELSYM5

| Normal Stresses | | | | | Shear Stresses | | |
|--|-----|----------|----------|-----------|----------------|----------|----------|
| XP | YP | SXX | SYX | SZZ | SXY | SXZ | SYZ |
| .00 | .00 | .103E+01 | .146E+01 | -.655E+00 | .000E+00 | .106E+00 | .000E+00 |
| 15.50 | .00 | .993E+00 | .156E+01 | -.686E+00 | .000E+00 | .000E+00 | .000E+00 |
| Principal -- Stresses | | | | | Shear Stresses | | |
| XP | YP | PS1 | PS2 | PS3 | PSS1 | PSS2 | PSS3 |
| .00 | .00 | .146E+01 | .104E+01 | -.662E+00 | .106E+01 | .212E+00 | .851E+00 |
| 15.50 | .00 | .156E+01 | .993E+00 | -.686E+00 | .112E+01 | .282E+00 | .839E+00 |
| RESULTS MENU FOR ELSYM5 | | | | | | | |
| ----- | | | | | | | |
| LAYER = 2 Z = 26.00 | | | | | | | |
| 1. - Stresses Normal & Shear & Principal | | | | | | | |
| 2. - Strains Normal & Shear & Principal | | | | | | | |
| 3. - Displacements | | | | | | | |
| 4. - Return or Continue with Next Layer | | | | | | | |
| Selection ==> _ | | | | | | | |

A solicitação máxima de tração para a situação atual do pavimento, a qual será utilizada para estimar a vida útil, é de 1,56 kgf/cm².

4.1.2 Retroanálise

4.1.2.1 Levantamentos Deflectométricos

Os levantamentos deflectométricos foram realizados pela COPPE/UFRJ – Laboratório de Geotecnia – Pavimentos em 2014 através de FWD. O modelo de FWD empregado é o Kuab 8833, o qual permite variar a carga aplicada entre 14 e 150 kN. Este pode ser utilizado tanto em levantamento rodoviários quanto aeroportuários.

O segmento de estudo, com extensão de 1600 metros, teve levantamentos a cada 20 metros de distância na mesma faixa de rolamento, totalizando 162 bacias sendo 81 no lado direito (sentido Capinzal) e 81 na do lado esquerdo (sentido BR-282). Além da magnitude da deflexão para D0 (sobre a placa), D20, D30, D45, D60, D90, D120, D150 e D180, também foram registradas a carga utilizada no FWD, o

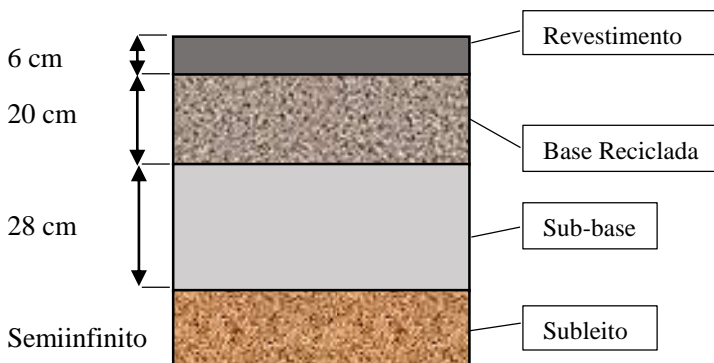
diâmetro da placa e a temperatura do ar e do pavimento. Todos os dados de deflexão estão apresentados nos anexos.

O levantamento deflectométrico de 2012 foi realizado pelo Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina (DEINFRA), com FWD. A amostragem é baixa dado que foram medidos dados somente a cada 200 metros revezando o lado da pista, portanto, para a mesma pista há uma medida a cada 400 metros.

Em 2007, o levantamento foi realizado com viga Benkelman e tem pontos medidos em cada pista a cada 150 metros aproximadamente.

4.1.2.2 Retroanálise do Segmento de Referência da SC-150

Para a realização da retroanálise através do software BAKFAA, foi utilizada a seguinte configuração do pavimento:



Inicialmente, para efeitos de cálculo, a sub-base foi dividida entre base remanescente e sub-base, com mesmo coeficiente de Poisson, mas módulos de resiliência diferentes. Entretanto, os resultados obtidos foram muito divergentes do esperado. Por isso na sequência, incorporou-se a camada de base remanescente (não fresada junto com o revestimento) na camada de sub-base. Da mesma forma, a camada de massa fina foi incorporada à camada de revestimento de asfalto borracha, dado que sua espessura era muito pequena e insignificante para o presente estudo. Os

parâmetros utilizados para a realização da retroanálise estão especificados no Quadro 8.

Quadro 8 – Parâmetros adotados para retroanálise

| Camada | Espessura (cm) | Coefficiente de Poisson |
|----------------|------------------|-------------------------|
| Revestimento | 6 | 0,27 |
| Base Reciclada | 20 | 0,20 |
| Sub-base | 28 (valor médio) | 0,35 |
| Subleito | 0 | 0,45 |

Os valores levantados pela COPPE em 2014 de bacias de deflexão foram bastante baixos para todos os sensores. Por isso, para efeitos de retroanálise foram excluídas as deflexões medidas nas distâncias D150 e D180, as quais apresentavam valores muito próximos de zero.

Além de controlar o RMS, também foram adotados limites para aceitação de resultados da retroanálise. Estes indicam um valor máximo de erro entre a deflexão medida e a deflexão calculada e são apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 – Limite de variação de deflexões na retroanálise

| D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D120 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |

4.2 ETAPA 2 – ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE DEFLEXÃO

Os levantamentos deflectométricos do segmento de referência foram realizados nos anos de 2007 (ano de restauração e abertura ao tráfego), 2012 e 2014. Além das retroanálises, duas análises foram realizadas quanto à deflexão. Uma delas faz o comparativo da média da magnitude das bacias de deflexão medidas com FWD de 2012 e 2014 num gráfico de distância da placa *versus* bacias de deflexão ($\times 10^{-2}$ mm). Foi optado por demonstrar os dados de 2007, levantados por viga, em outro gráfico semelhante. A partir destes gráficos, é possível analisar a evolução temporal das deflexões quantitativamente.

A segunda análise de deflexão compreende todas as medições de 2007, 2012 e 2014 em valores absolutos compiladas num mesmo gráfico.

Este mostra extensão (metros) *versus* deflexão ($\times 10^{-2}$ mm). Como os valores de deflexão medidos são muito baixos, próximos de 40 mm, não houve a necessidade de converter os dados obtidos com viga para FWD (BORGES, 2001). Com esta análise, é possível definir se há algum trecho em melhores condições, além de fazer a análise temporal completa do segmento.

4.3 ETAPA 3 – ANÁLISE DE AFUNDAMENTO DE TRILHA DE RODA

Para o segmento de referência da SC-150 há dois levantamentos disponíveis de afundamento de trilha de roda. Um deles foi realizado em 2012 pelo Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina (DEINFRA) e outro em 2014 pela COPPE/UFRJ – Laboratório de Geotecnia – Pavimentos.

O levantamento da COPPE foi realizado com um Perfilômetro a Laser (Figura 37), equipamento sem contato que utiliza o princípio da onda de luz do laser para as medidas de irregularidade. Este possui 5 módulos de laser inseridos em uma barra acoplada na frente do veículo, o qual é capaz de medir a irregularidade longitudinal e o afundamento de trilha de roda.

Figura 37 – Perfilômetro a laser (COPPE/RJ)



Em 2014, os dados foram levantados continuamente pelo perfilômetro e foram apresentadas as médias das medições a cada 20

metros para cada lado da pista. Há 91 medições em cada pista, totalizando 182 medições em uma extensão de 1800 metros, ou seja, indo um pouco além do segmento de referência. Como os 200 metros excedentes são continuação do segmento em estudo, todos os dados levantados foram avaliados.

Nos dados do DEINFRA de 2012 a trilha de roda foi medida continuamente através de perfilômetro e foram divulgadas médias a cada 10 metros, com um total de 312 afundamentos levantados para trilha de roda interna e 312 para trilha de roda externa. Os valores de afundamento de trilha de roda interna estão próximos a zero e não são significantes para o estudo. Portanto, foram consideradas somente os valores de trilha da roda externa.

Além destes levantamentos, foram feitas medições com treliça pelo Laboratório de Pavimentação da UFSC em 2010, 2012 e 2014. Em 2007, ano de abertura, os dados de trilha de roda são zero.

Bernucci et al (2010) cita em sua obra o método da treliça para avaliação de trilhas de roda. Para cada estaca é feita uma medida de trilha, a qual desconsidera poros e furos que o laser considera. Como as pequenas irregularidades do pavimento não afetam o conforto do usuário, este método se aproxima mais da realidade de quem trafega na rodovia.

Figura 38 – Uso de treliça para medição de trilha de roda



Fonte: Bernucci et al (2010)

Analisando a magnitude dos valores obtidos em campo, foi visto que o afundamento de trilha de roda varia entre 0 e 6 mm. Há vários

valores próximos a zero e uma média geral não representaria o real comportamento do pavimento. Portanto, foi optado por dividir os dados em três faixas: de 0 a 2 mm, de 2 a 4 mm e de 4 a 6 mm. Como forma de avaliação dos dados, foram elaborados gráficos para os anos de 2010 (somente com dados de treliça), 2012 (treliça e dados do DEINFRA) e 2014 (treliça e dados da COPPE). Estes gráficos mostram as faixas de magnitude de trilha de roda *versus* a representatividade daquele defeito no pavimento, ou seja, entre todas as medições realizadas quão significativa foi cada faixa de trilha de roda.

4.4 ETAPA 4 – AVALIAÇÃO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL (IRI)

No segmento de referência da SC-150, há dois levantamentos disponíveis de irregularidade longitudinal. Um deles foi realizado em 2012 pelo Departamento Estadual de Infraestrutura de Santa Catarina (DEINFRA) e outro em 2014 pela COPPE/UFRJ – Laboratório de Geotecnia – Pavimentos.

O levantamento da COPPE foi realizado com um Perfilômetro a Laser, equipamento sem contato que utiliza o princípio da onda de luz do laser para as medidas de irregularidade. Este possui 5 módulos de laser inseridos em uma barra acoplada na frente do veículo, o qual é capaz de medir a irregularidade longitudinal e o afundamento de trilha de roda. A COPPE forneceu os dados de irregularidade longitudinal de todos os sensores medidos. Para fins de estudo, foi utilizado o valor médio dos três sensores.

Em 2014, os dados foram levantados continuamente pelo perfilômetro e foram apresentadas as médias das medições a cada 20 metros para cada lado da pista. Há 91 medições em cada pista, totalizando 182 medições em uma extensão de 1800 metros, ou seja, indo um pouco além do segmento de referência. Como os 200 metros excedentes são continuação do segmento em estudo, todos os dados levantados foram avaliados.

A quantidade de valores de IRI obtidos pelo DEINFRA em 2012 é baixa. Foram realizadas medições a cada 200 metros para cada pista de forma intercalada. Dessa forma, há um ponto medido a cada aproximadamente 100 metros, totalizando 19 medições.

Como forma de avaliação destes dados, foi realizada a média das irregularidades medidas para cada faixa de rolamento e inseridas num gráfico de faixa *versus* irregularidade longitudinal (m/km). Além disso, os resultados das médias das medições de campo foram comparados com o limite de aceitabilidade da Agência Reguladora de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP) para rodovias concessionadas.

4.5 ETAPA 5 – ANÁLISE DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DE PATOLOGIAS NO PAVIMENTO

Em 2010, 2012 e 2014 foram realizados levantamentos de patologias no segmento em estudo pelo Laboratório de Pavimentação da Universidade Federal de Santa Catarina. Nestes levantamentos visuais, com aferições com auxílio de métodos simples de medição, foram avaliados as seguintes patologias:

- Segregação;
- FC1 – trincas com abertura superior à das fissuras, mas menores que 1,0 mm;
- FC2 – trincas com abertura superior a 1,0 mm e sem erosão nas bordas;
- FC3 – trincas com abertura superior a 1,0 mm e com erosão nas bordas;
- BU – buraco (panela);
- AFP – afundamento plástico;
- TT – trinca transversal;
- TL – trinca longitudinal.

Os dados coletados são quantitativos, portanto a avaliação foi realizada da mesma forma. Foi feita a contagem de cada tipo de defeito e comparada bianualmente.

4.6 ETAPA 6 – ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL

Para estimar a vida útil do pavimento foi utilizado o modelo de fadiga desenvolvido por Luvizão (2014) para pavimentos reciclados com adição de 3% de cimento. Este depende da tensão de tração aplicada no pavimento e da resistência à tração do material, como se pode ver abaixo:

$$N=21,961.SR^{-18,887}$$

onde:

N: Número de ciclos de aplicação de carga;

SR: Razão entre a tensão de tração aplicada e a resistência à tração do material.

Foi analisada a vida útil da base reciclada através da tensão de tração aplicada na superfície inferior da base, calculada através do software ELSYM5 e da tração da base reciclada obtida através de corpos de prova no momento da construção do pavimento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados da compilação e processamento de dados realizados conforme descrição presente no Capítulo 4.

5.1 ETAPA 1 – RETROANÁLISE DAS BACIAS

Com objetivo de estimar os módulos de resiliência da estrutura do pavimento da SC-150 foram realizadas quatro etapas de retroanálise até chegar a um resultado tecnicamente aceitável em termos de precisão e módulo resiliente.

5.1.1 Resultados Obtidos por Lorena (2009)

Lorena (2009), publicou o primeiro estudo sobre o segmento de referência da SC-150 em fase recém construída (ano zero de abertura ao tráfego). A retroanálise realizada pela mesma foi baseada em dados medidos com viga Benkelman e utilizando o programa ELSYM5. Seus resultados serão utilizados como base para o presente estudo (Quadro 10).

Quadro 10 – Módulos de Resiliência estimados através de levantamento deflectométrico

| Camada | Módulo de Resiliência Médio (MPa) |
|---|--|
| Revestimento Atual – 28 dias de cura (2007) | 4111,8 |
| Base Antiga | 73,9 |
| Base Reciclada - 28 dias de cura (2007) | 1063,3 |
| Sub-base (2007) | 32,6 |
| Subleito (2007) | 190,9 |

Adaptado pela autora de Lorena, 2009.

5.1.2 Resultados Obtidos com Levantamento de 2014

A partir dos resultados de Lorena (2009), espera-se que o subleito não tenha variação significativa em seu módulo dado que não houve nenhuma alteração significativa na estrutura do pavimento que possa ter afetado a camada que já estava compactada e consolidada em 2007.

O módulo do revestimento atual, em asfalto borracha, no estudo de Lorena (2009) foi estimado através de dados de ensaios de laboratório nos seus 28 dias de cura. Sabe-se que a rigidez do revestimento aumenta com seu envelhecimento, oxidação do ligante, efeito da radiação solar e variação da temperatura, além do efeito de tixotropia. Portanto, espera-se um valor superior a 4111,8 MPa, na faixa entre 6000 MPa e 8000 MPa.

O módulo da base reciclada também foi estimado através de dados levantados em 2007, quando a base reciclada apresentava 28 dias de cura. É de se esperar que a camada reciclada apresente uma evolução de rigidez devido ao fim do processo de hidratação do cimento. Teoricamente, as reações de hidratação se estabilizam aos 28 dias (ARANHA, 2013), mas sabe-se que ainda há um ganho de resistência com o passar do tempo e consolidação do material. Dessa forma, pode ter um aumento na sua rigidez, não passando de 2000 MPa. A base antiga e a sub-base podem ter enrijecido através da adição de cimento e da consolidação da base reciclada. Os valores esperados devem ser da faixa entre 100 e 200 MPa, um pouco inferior ao módulo do subleito.

5.1.2.1 Fase 1 – Retroanálise com Todas as Bacias

A primeira etapa da retroanálise consistiu em calcular módulos para todas as bacias medidas, sem nenhuma restrição de módulo para as camadas. Nesta fase a base remanescente e a sub-base foram consideradas estruturas diferentes, portanto com módulos resilientes divergentes. O resumo dos dados obtidos no software BAKFAA pode ver visto no Quadro 11. Todos os resultados obtidos serão apresentados no Anexo II.

Quadro 11 – Resumo dos valores de módulo da primeira fase de retroanálise

| Camada | Parâmetro | Módulo de Resiliência (MPa) |
|-------------------|------------------|------------------------------------|
| Revestimento | Média | 19.803,6 |
| | Desvio Padrão | 49.325,5 |
| Base Reciclada | Média | 1.247,1 |
| | Desvio Padrão | 1.101,7 |
| Base Remanescente | Média | 971,4 |
| | Desvio Padrão | 5.399,5 |
| Sub-base | Média | 425,4 |
| | Desvio Padrão | 492,2 |
| Subleito | Média | 602,6 |
| | Desvio Padrão | 1.176,5 |

A magnitude do desvio padrão é um indicativo de que não houve uniformidade no cálculo. Uma forma de diminuir estes valores seria dividir o segmento em segmentos homogêneos menores. Entretanto, como o trecho em estudo possui somente 1600 metros de extensão e experimentalmente sabe-se que é relativamente uniforme, esta alternativa foi descartada. Além disso, os módulos do revestimento, sub-base e subleito indicam uma rigidez muito além da esperada para um pavimento em uso e com patologias. Por isso, esta etapa não foi considerada satisfatória e, portanto, descartada para estudos futuros.

O problema identificado nesta fase foi a quantidade significativa de bacias de deflexão muito baixas. Como forma de correção de dados para as fases seguintes, optou-se por fazer média mais ou menos desvio padrão das deflexões e recalcular para os valores nesta faixa. Porém, como valores acima da média mais desvio padrão podem indicar problemas de trincamento na camada de base levando a uma estimativa de vida útil mais baixa, estes também foram considerados.

5.1.2.2 Fase 2 – Retroanálise com Bacias Representativas

Analizando os resultados da primeira etapa e os dados de bacias de deflexão medidas, foi observado que os valores medidos são muito

baixos, com D0 de até $7,0 \times 10^{-2}$ mm. Estas bacias claramente não são representativas no trecho e, poderiam significar erro de medição, então foi optado por descartá-las. O método de seleção da representatividade das bacias foi calcular a média e o desvio padrão das deflexões medidas e realizar a retroanálise somente para as bacias no intervalo média \pm um desvio padrão. Nesta mesma fase, foram fixados módulos resilientes do revestimento e do subleito, dado que ambos estavam muito acima do esperado na primeira etapa. A ideia inicial era fixar o revestimento em valores entre 6000 MPa e 8000 MPa e o subleito entre 200 MPa e 250 MPa. Entretanto, para diminuir o erro da deflexão calculada os valores do módulo do revestimento chegaram a 9000 MPa e do subleito a 420 MPa.

Quadro 12 – Resumo dos valores de módulo resiliente da segunda fase de retroanálise

| Camada | Parâmetro | Módulo de Resiliência (MPa) |
|-------------------|------------------|------------------------------------|
| Revestimento | Média | 7.823,8 |
| | Desvio Padrão | 460,8 |
| Base Reciclada | Média | 1.077,4 |
| | Desvio Padrão | 527,6 |
| Base Remanescente | Média | 122,6 |
| | Desvio Padrão | 221,0 |
| Sub-base | Média | 11.816,0 |
| | Desvio Padrão | 50.628,0 |
| Subleito | Média | 318,3 |
| | Desvio Padrão | 54,6 |

Pode-se observar nesta fase que os valores de média e desvio padrão do revestimento e do subleito, os quais foram fixados, ficaram mais coerentes. Porém, era esperado que a sub-base resultasse em valores próximos de 200 MPa, enquanto sua média chegou a aproximadamente 12000 MPa. Esta etapa, apesar de melhor do que a primeira, também não foi considerada satisfatória tecnicamente.

5.1.2.3 Fase 3 – Incorporação da Base Remanescente Na Sub-base

Na terceira fase, optou-se por considerar a camada de base remanescente como integrante da camada de sub-base para efeitos de retroanálise. Isso se deve ao fato de que ambas características estruturais eram semelhantes e a base remanescente tem baixa espessura. Manteve-se o critério de utilizar somente as bacias com deflexões no intervalo entre média e desvios. Foram observadas todas as bacias escolhidas e acrescentadas algumas para essa etapa. As bacias acrescentadas são as que foram excluídas por pequena diferença em algum sensor de deflexão e ainda assim seriam significantes no processo. Cerca de 50% do trecho foi avaliado, distribuído entre lados direito e esquerdo, num total de 82 bacias. O resumo dos resultados está apresentado no Quadro 13.

Quadro 13 - Resumo dos valores do módulo resiliente na terceira fase de retroanálise

| Camada | Parâmetro | Módulo de Resiliência (MPa) |
|----------------|------------------|------------------------------------|
| Revestimento | Média | 5.963,4 |
| | Desvio Padrão | 151,8 |
| Base Reciclada | Média | 891,3 |
| | Desvio Padrão | 431,9 |
| Sub-base | Média | 376,9 |
| | Desvio Padrão | 429,0 |
| Subleito | Média | 251,0 |
| | Desvio Padrão | 8,8 |

Os módulos estimados pela retroanálise estão um pouco mais coerentes com o esperado. Todavia, esperava-se um valor maior para a camada reciclada e um menor para a sub-base (da ordem dos valores obtidos por Lorena, 2009). Visto isso, optou-se por fazer uma seleção das bacias com melhores resultados nesta para o cálculo da média de módulos do pavimento. Seguem nos Quadro 14 e Quadro 15 exemplos de bacia aceita e bacia não aceita para a etapa final.

Quadro 14 – Exemplo de retroanálise considerada aceitável

| Estaca 19 | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 20,3 | 15,5 | 13,2 | 10 | 8 | 4,9 | 3,1 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 20,7 | 15,2 | 12,6 | 10,1 | 8,2 | 5,5 | 3,7 |
| Base Reciclada | 1241,52 | Diferença Encontrada | 2% | -2% | -5% | 1% | 2% | 12% | 19% |
| Sub-base | 100,46 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

Quadro 15 – Exemplo de retroanálise de bacia eliminada do estudo

| Estaca 120 | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|-----|-----|-----|------|
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 23,7 | 16,6 | 12,7 | 7,9 | 5,6 | 2,8 | 1,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 24,4 | 15,7 | 11,7 | 8,6 | 6,9 | 4,9 | 3,5 |
| Base Reciclada | 566,92 | Diferença Encontrada | 3% | -5% | -8% | 9% | 23% | 75% | 133% |
| Sub-base | 470,12 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | NÃO | NÃO | NÃO |

5.1.2.4 Fase 4 – Resultado Final da Retroanálise

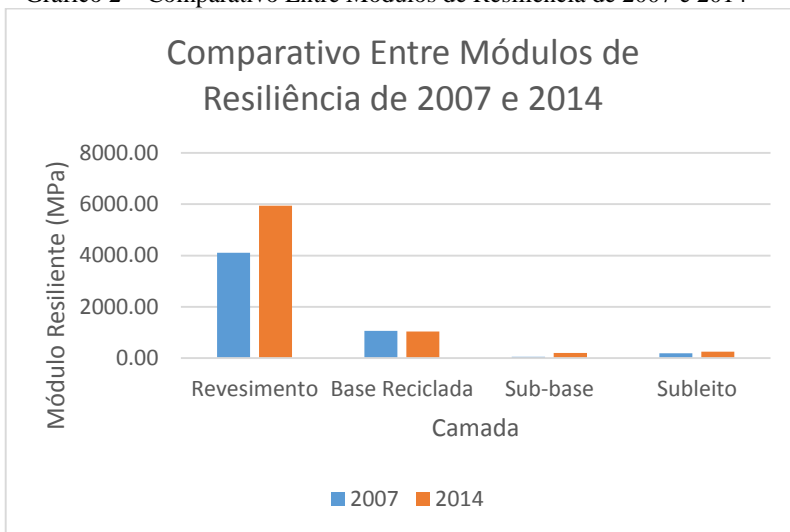
A última fase do processo de retroanálise consistiu na seleção das bacias com menor erro deflectométrico da fase 3. Todas as bacias escolhidas tiveram RMS abaixo de 5% no BAKFAA e suas deflexões calculadas estavam no limite de erro considerado aceitável no presente estudo. O Quadro 16 apresenta um resumo dos módulos resilientes finais da retroanálise, enquanto todos os resultados encontram-se no Anexo III.

Quadro 16 – Quadro resumo de módulos resilientes obtidos na retroanálise

| Camada | Parâmetro | Módulo de Resiliência (MPa) |
|----------------|------------------|------------------------------------|
| Revestimento | Média | 5.943,4 |
| | Desvio Padrão | 185,8 |
| Base Reciclada | Média | 1.038,8 |
| | Desvio Padrão | 477,9 |
| Sub-base | Média | 196,3 |
| | Desvio Padrão | 134,3 |
| Subleito | Média | 250,0 |
| | Desvio Padrão | 0,0 |

Os módulos de resiliência obtidos nesta fase estão mais coerentes com o que seria esperado. O módulo da base reciclada é da mesma ordem de grandeza ao obtido por retroanálise das bacias medidas aos 28 dias de cura. Era esperado que aumentasse um pouco com a cristalização do cimento adicionado à base e suas reações de hidratação. A base antiga foi incorporada à sub-base e o conjunto foi mais de 100% superior ao calculado em 2009. Isto é aceitável por estar em contato direto com a base cimentada e poder ter recebido um enrijecimento. Ainda assim, a camada está com módulo abaixo do da camada de subleito, o que era esperado. Houve uma variação no subleito de aproximadamente 25% superior ao valor calculado em 2009. Era esperado que não variasse em grande escala. Portanto, esta magnitude do módulo é perfeitamente aceitável. O Gráfico 2 mostra um comparativo entre módulos calculados em 2007 e em 2014. Na camada de sub-base de 2007 foi realizada a média entre os módulos da base antiga e da sub-base de 2007.

Gráfico 2 – Comparativo Entre Módulos de Resiliência de 2007 e 2014



Para uso na análise de tensão deformação com o ELSYM5, os módulos do revestimento, base reciclada, sub-base e subleito foram arredondados para 6000 MPa, 1000 MPa, 200 MPa e 250 MPa, respectivamente.

5.2 Análise da Evolução de Bacias Deflectométricas

Duas análises foram realizadas quanto à deflexão. A primeira delas compara a média de todas as bacias de deflexão medidas com FWD de 2012 (obtida pelo DEINFRA) e 2014 num gráfico de posição do sensor *versus* bacias de deflexão ($\times 10^{-2}$ mm) (Gráfico 3, Gráfico 4 e Gráfico 5). Foi optado por demonstrar os dados de 2007, levantados por viga, em outro gráfico semelhante (Gráfico 6).

Gráfico 3 – Comparativo de Deflexões – Lado Esquerdo (2012 e 2014)

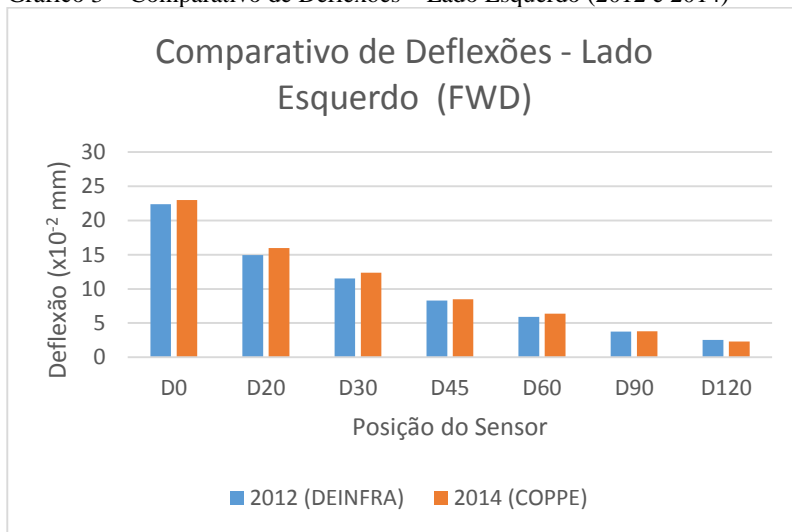


Gráfico 4 - Comparativo de Deflexões – Lado Direito (2012 e 2014)

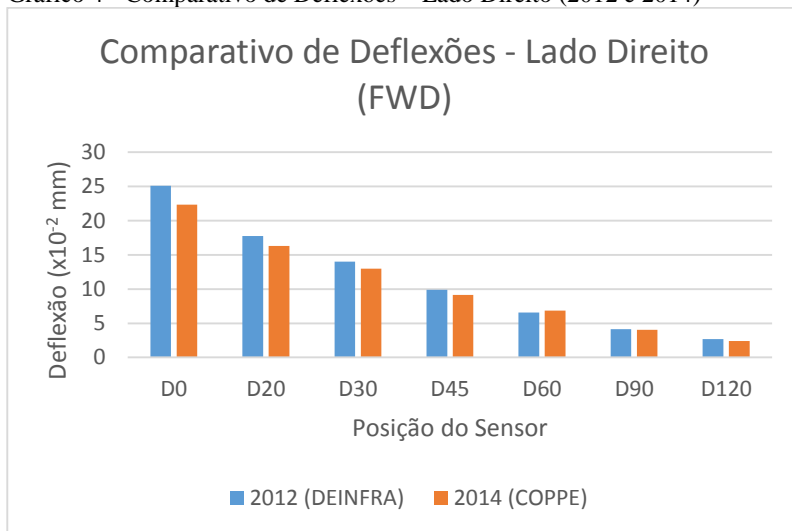


Gráfico 5 - Comparativo de Deflexões – Total (2012 e 2014)

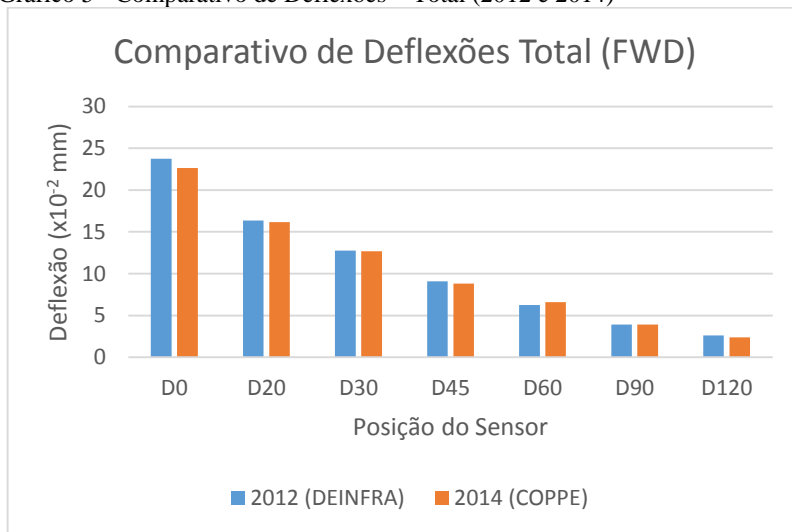
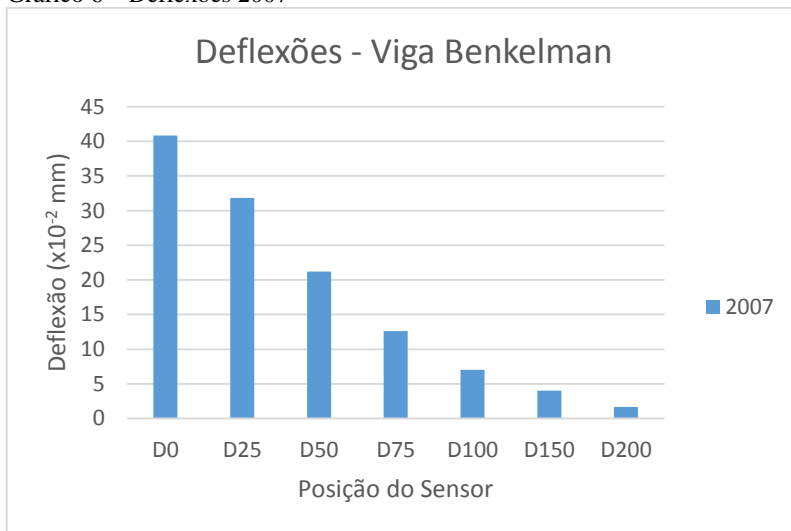


Gráfico 6 – Deflexões 2007



Analisando os gráficos, o primeiro ponto importante a se destacar é a diminuição das bacias de deflexão de 2007 para 2012 e 2014. Apesar de os dados de 2007 serem medidos com Viga Benkelman, foi

comprovado cientificamente que nessa faixa de valores a conversão é praticamente 1:1. Este acréscimo é esperado e explicado pela consolidação e assentamento das camadas do pavimento, porém não seria tão grande em se tratando de uma estrutura com camada de base com material cimentado (comportamento semirrígido). Quanto aos levantamentos de 2012 e 2014, observa-se que há uma uniformidade entre os lados da pista.

A Quadro 17 mostra um resumo do levantamento das bacias de deflexão realizado em 2014.

Quadro 17 – Resumo da deflexão máxima medida (D0) de 2014

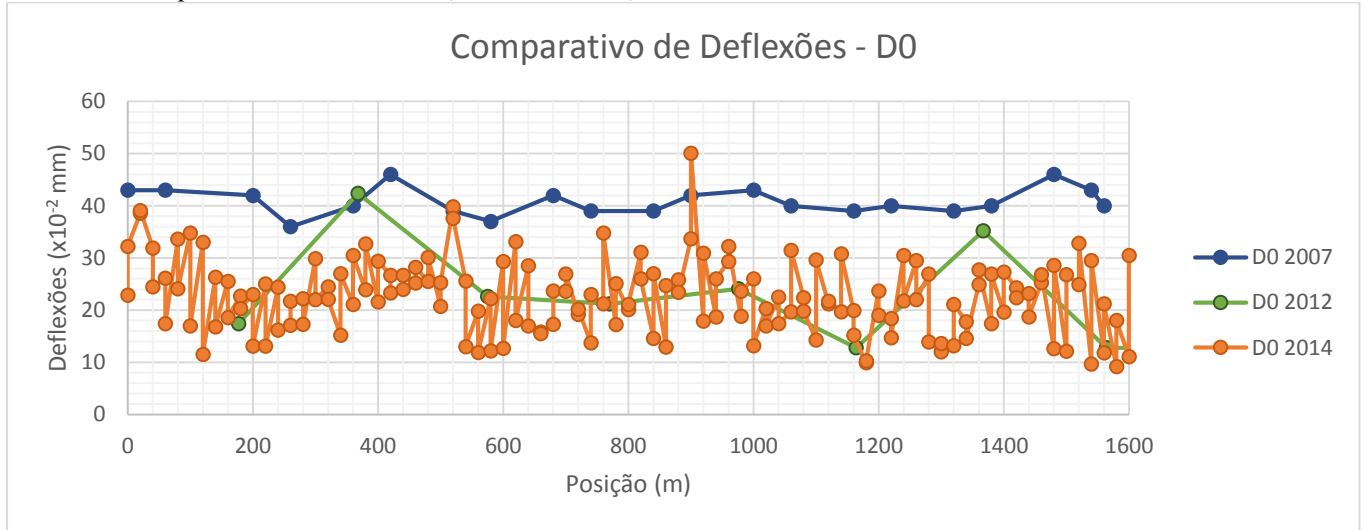
| Lado | Parâmetro | Deflexão (x10-2 mm) |
|----------------------|------------------|----------------------------|
| Lado Direito | Máxima | 50,1 |
| | Mínima | 10,3 |
| | Média | 23,0 |
| | Desvio Padrão | 7,3 |
| Lado Esquerdo | Máxima | 39,8 |
| | Mínima | 9,2 |
| | Média | 22,3 |
| | Desvio Padrão | 6,7 |
| Total | Máxima | 50,1 |
| | Mínima | 9,2 |
| | Média | 22,7 |
| | Desvio Padrão | 7,0 |

Os gráficos mostram que há uma variação muito pequena entre as bacias medidas em 2012 e 2014, considerado praticamente uniforme. Vale ressaltar que a baixa densidade de pontos coletados em 2012 diminui a representatividade da medição e consequentemente dos resultados. Os valores baixos de deflexão confirmam o bom desempenho estrutural de uma camada de base reciclada.

Visando complementar e ilustrar os dados discutidos anteriormente, foi elaborado o Gráfico 7, aonde se observa o comportamento das bacias em todo o segmento. Pode-se observar que o segmento apresenta-se sem grandes extensões de divergência entre valores, indicando homogeneidade nos 1600 metros. Aos 910 metros no

sentido Joaçaba-Capinzal, encontra-se o ponto máximo de deflexão ($50,1 \times 10^{-2}$ mm). Outras bacias que se destacam com valores superiores à média dos pontos próximos encontram-se nos 20 e 520 metros de extensão no mesmo sentido. Estes pontos de máximo no gráfico podem indicar trincamento na camada de base.

Gráfico 7 – Comparativo de Deflexões D0 (2007, 2012, 2014)



5.3 ETAPA 3 – ANÁLISE DE AFUNDAMENTO DE TRILHA DE RODA

5.3.1 Valores Medidos com Perfilógrafos

Compilando os dados dos dois levantamentos disponíveis de afundamento de trilha de roda no segmento de referência da SC-150 foram gerados os Gráfico 8 e Gráfico 9. Nestes gráficos estão dispostos todos os dados levantados, com ano e origem dos levantamentos especificados.

Devido à baixa magnitude dos valores obtidos em campo, para detalhar a patologia, foi optado por dividir os dados em três faixas: de 0 a 2 mm, de 2 a 4 mm e de 4 a 6 mm. Como os dados de trilha de roda interna eram muito próximos de zero, estes não foram considerados na análise. Os gráficos seguintes referem-se à trilha de roda externa.

Gráfico 8 – Comparativo de Afundamento de Trilha de Roda – Lado Direito (2010, 2012 e 2014)

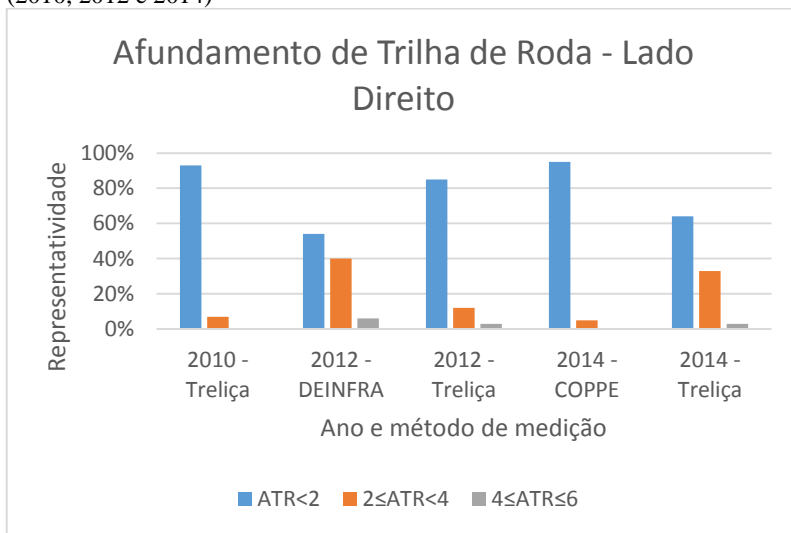
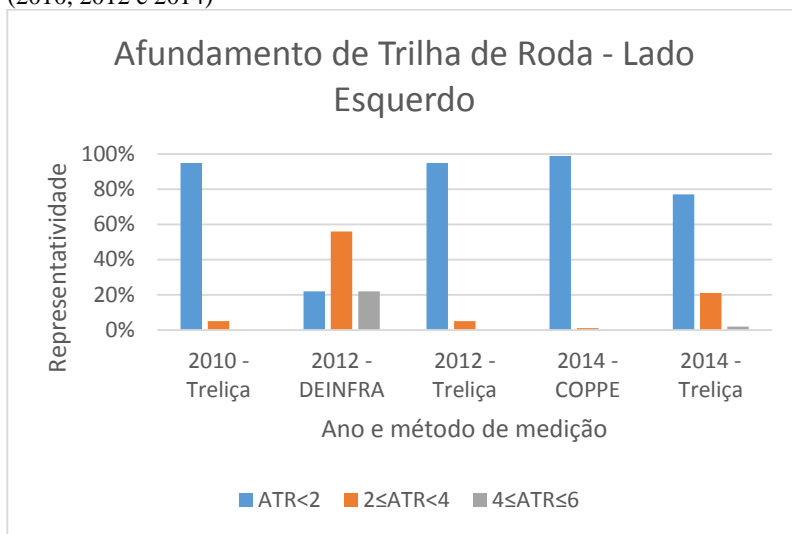


Gráfico 9 – Comparativo de Afundamento de Trilha de Roda – Lado Esquerdo (2010, 2012 e 2014)



Para maior detalhamento de dados, foram elaborados os gráficos por ano, visando comparar a diferença de resultados devido à variação de métodos de medição.

Gráfico 10 – Afundamento de Trilha de Roda Medido por Treliça (2010)

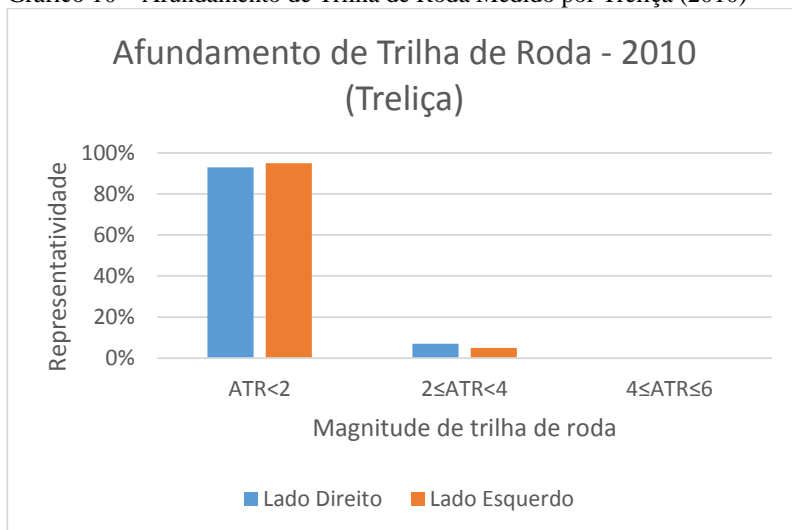


Gráfico 11 – Afundamento de Trilha de Roda da Faixa da Direita (2012)

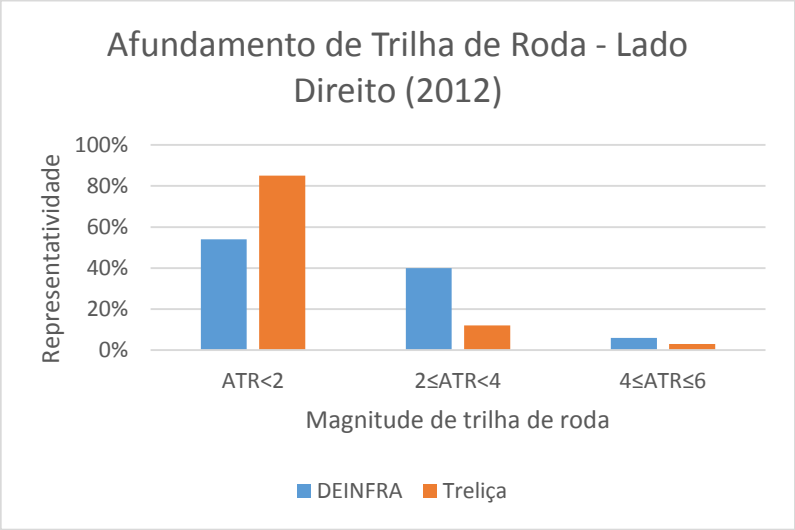


Gráfico 12 – Afundamento de Trilha de Roda da Faixa da Esquerda (2012)

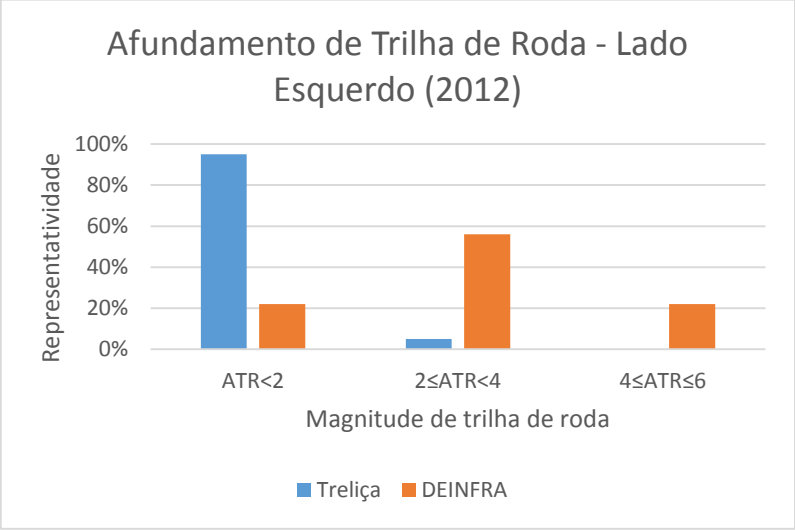


Gráfico 13 – Afundamento de Trilha de Roda da Faixa da Direita (2014)

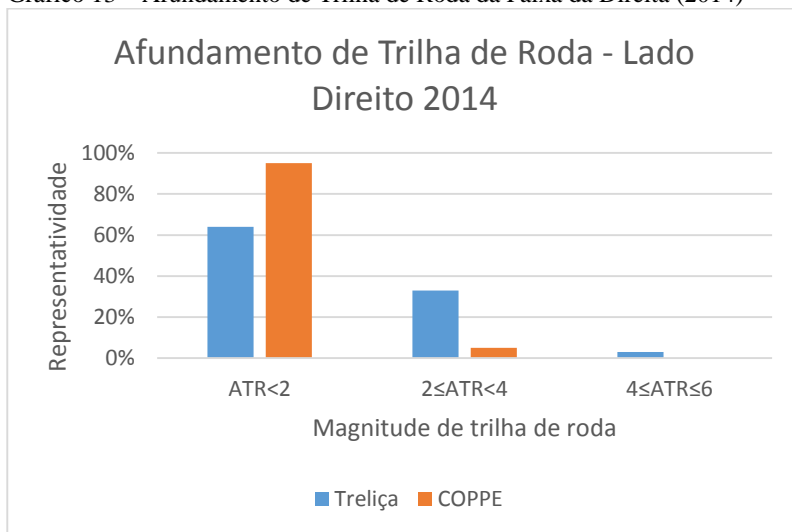
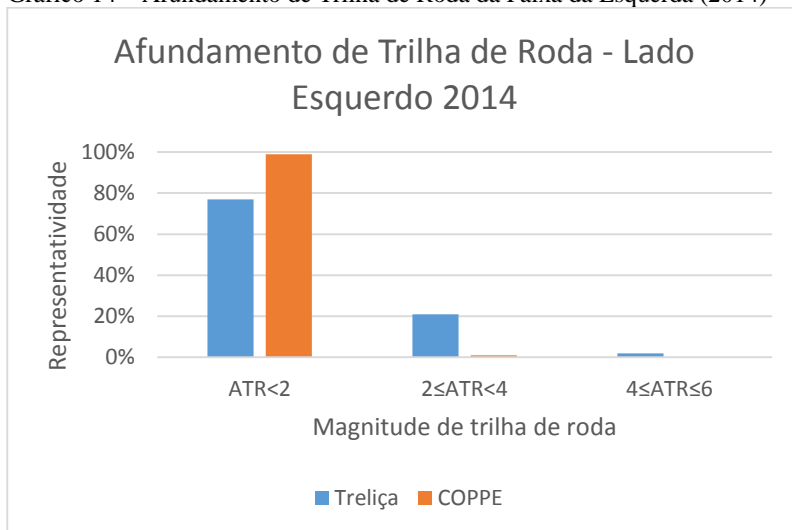


Gráfico 14 – Afundamento de Trilha de Roda da Faixa da Esquerda (2014)



Analisando os gráficos, observa-se que não há grande discrepância entre as faixas ainda que a da direita esteja apresentando valores discretamente maiores. A faixa da direita é mais carregada, portanto é esperado um comprometimento maior na sua estrutura. Observa-se em

todos os anos que a predominância de trilha de roda está na faixa de 0 a 2 mm. Valores de trilha de roda de até 13 mm são considerados aceitáveis considerando aquaplanagem, os dados obtidos são bastante inferiores a este. O bom desempenho neste aspecto demonstra que a base não trincou com os anos de tráfego.

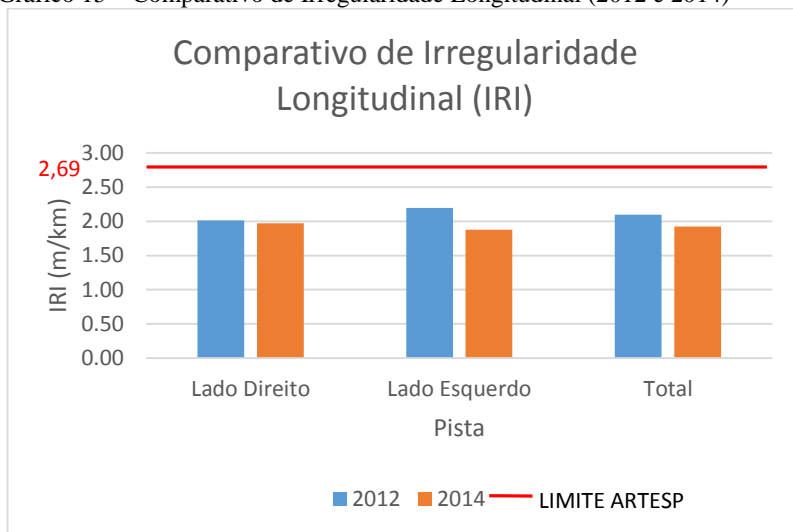
Quanto ao comparativo de métodos de medição em 2012 e 2014, entre perfilômetro e treliça, nota-se que em geral a treliça apresentou valores maiores de trilha de roda do que o perfilômetro. Isto pode ser justificado pelo fato de a medição com treliça ser realizada em pontos a uma distância predeterminada com o observando os pontos mais críticos, enquanto com perfilômetro toda a pista é avaliada através de um equipamento contínuo e os pontos que não apresentam trilha de roda fazem com que caia a média.

5.4 ETAPA 4 – AVALIAÇÃO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL (IRI)

Visando avaliar o pavimento quanto à irregularidade longitudinal foi realizada a média das irregularidades medidas por faixa de rolamento e inseridas num gráfico. Vale ressaltar que a quantidade de dados do levantamento de 2014 é bastante superior à de 2012. Os resultados das médias das medições de campo foram comparados com o limite de aceitabilidade da Agência Reguladora de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP), aplicáveis a rodovias concessionadas de São Paulo. Caso os valores medidos ultrapassem 2,69 m/km é necessário que seja feita intervenção no pavimento.

O Manual de Restauração (2006) do DNIT indica que o comportamento do pavimento em relação ao IRI é excelente para valores entre 1,0 e 1,9 m/km, bom entre 1,9 e 2,7 m/km e regular para os valores no intervalo de 2,7 a 3,5 m/km. Neste caso, o pavimento seria classificado como bom.

Gráfico 15 – Comparativo de Irregularidade Longitudinal (2012 e 2014)



A partir do Gráfico 15, percebe-se uma homogeneidade em ambos os lados do segmento. A ARTESP exige que suas concessionárias mantenham IRI abaixo de 2,69 m/km durante a vigência do contrato de concessão. Toda vez que a irregularidade longitudinal ultrapassar 2,69 m/km, é necessário fazer intervenção na rodovia.

Quanto a este parâmetro de desempenho, o segmento de referência apresenta excelente comportamento após 7 anos de tráfego. Isto demonstra que a camada de base está conservada, não apresentando trincas.

5.5 ETAPA 5 – ANÁLISE DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DE PATOLOGIAS NO PAVIMENTO

As patologias encontradas nos levantamentos de 2010, 2012 e 2014 do pavimento são as seguintes:

- Segregação;
- FC1 – trincas com abertura superior à das fissuras, mas menores que 1,0 mm;

- FC2 – trincas com abertura superior a 1,0 mm e sem erosão nas bordas;
- FC3 – trincas com abertura superior a 1,0 mm e com erosão nas bordas;
- BU – buraco;
- AFP – afundamento plástico;
- TT – trinca transversal;
- TL – trinca longitudinal.

A quantidade total de pontos de medição e de patologias encontradas por ano encontra-se no Quadro 18.

Quadro 18 – Quantitativo de pontos de medição e de patologias encontradas (2010, 2012, 2014)

| | Lado Direito | Lado Esquerdo | Total |
|--|--------------|---------------|-------|
| 2010 | | | |
| Número de Pontos Medidos | 130 | 125 | 255 |
| Número Total de Patologias Encontradas | 35 | 27 | 62 |
| 2012 | | | |
| Número de Pontos Medidos | 128 | 125 | 253 |
| Número Total de Patologias Encontradas | 40 | 29 | 69 |
| 2014 | | | |
| Número de Pontos Medidos | 91 | 84 | 175 |
| Número Total de Patologias Encontradas | 79 | 62 | 141 |

Para analisar este fator foram criados os Gráfico 16, Gráfico 17 e Gráfico 18 relacionando a quantidade dos defeitos citados acima por ano.

Gráfico 16 - Evolução Temporal das Patologias – Lado Direito (2010, 2012, 2014)

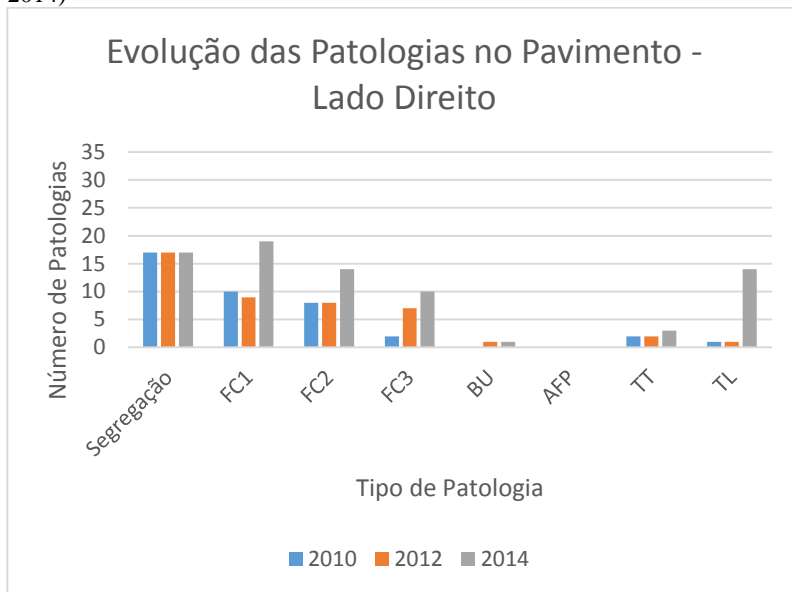


Gráfico 17 - Evolução Temporal das Patologias – Lado Esquerdo (2010, 2012, 2014)

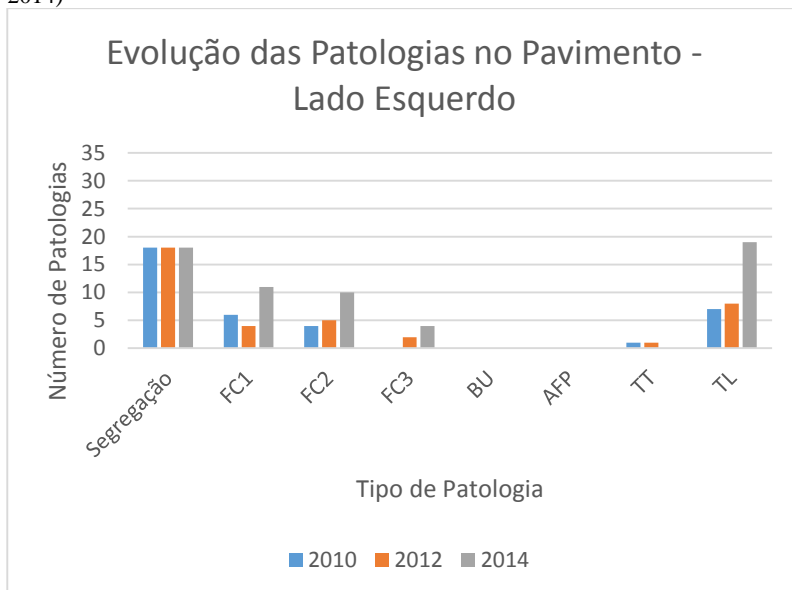
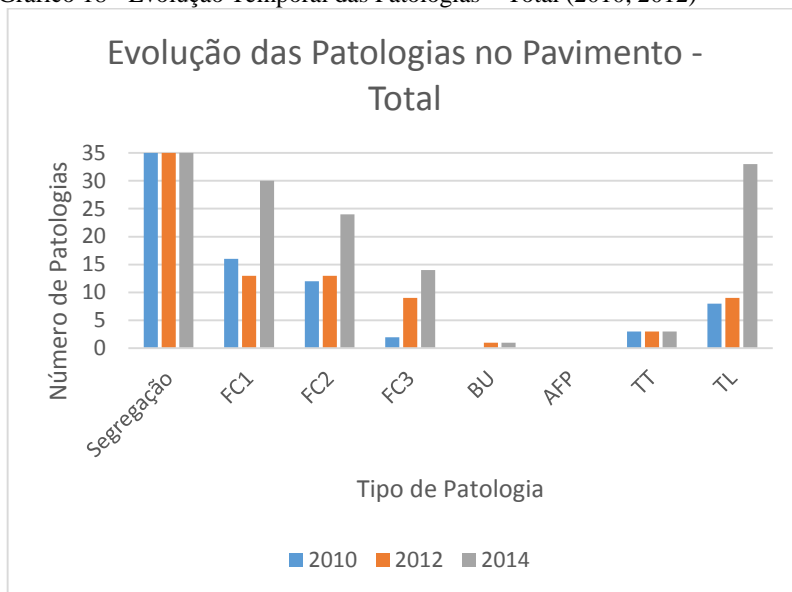


Gráfico 18 - Evolução Temporal das Patologias – Total (2010, 2012)



Através dos gráficos é possível verificar uma continuidade na quantidade de defeitos no trecho entre 2010 e 2012 e um crescimento relevante em 2014. Nota-se que o lado direito da pista está mais deteriorado. O fluxo de veículos de carga é maior no sentido Joaçaba – Capinzal, o que justifica uma aceleração na formação de patologias deste lado.

Nos dois primeiros anos levantados observa-se que houve um sutil aumento no número de trincas. As de maior proporção, FC-2 e FC-3, foram encontradas em maior quantidade, enquanto as do tipo FC-1 foram mais raras. A redução de FC-1 é justificada pelo fato de a trinca ter aumentado sua proporção e se transformado em trincas maiores. Comparando os focos de trincas de forma bianual, percebe-se um crescimento de mais de 100% de FC-1 em relação a 2012 e para FC-2 e FC-3 o crescimento está próximo de 100%, enquanto entre 2010 e 2012 seus crescimentos foram próximos a 0%.

Durante a realização do levantamento de patologias, foi relatada a obstrução de dispositivos de drenagem. A falta de funcionalidade dos bueiros e valas gera um acúmulo de água na pista, o qual acelera a

deterioração do revestimento e camadas estruturais caso a água as atinja. Recomenda-se uma limpeza periódica como forma mitigatória deste problema.

A patologia mais encontrada em 2014 foi a trilha de roda, apresentando uma superioridade de mais de 100% em relação aos anos anteriores. Já havia sido registrado um aumento em 2012, mas se mostra ainda mais presente em 2014. O alto tráfego de veículos de carga no local justifica este aumento. Como forma de mitigação do defeito, sugere-se que a fiscalização de carga dos veículos pesados através de balanças na SC-150.

Em relação a buracos, o primeiro apareceu em 2012 e não houve intervenção quanto o mesmo que se mantém presente em 2014.

Desta forma, observa-se que a vida útil do revestimento está chegando ao fim. Há a necessidade de realização de intervenções no mesmo para que os defeitos não afetem as camadas estruturais.

5.6 ETAPA 6 – ESTIMATIVA DA VIDA ÚTIL

A estimativa da vida útil do pavimento será dada em número de repetições de passagem do eixo padrão, através da resistência a tração da base reciclada e da tensão de tração atuante na sua face inferior. Para avaliar o resultado da estimativa é necessário que se faça um breve estudo de tráfego da rodovia.

5.6.1.1 Estudo de Tráfego

Lorena, M. P. (2009) indicou em seu trabalho o estudo de tráfego projetado para o presente segmento, obtendo os resultados apresentados no Quadro 19.

Quadro 19 – Tráfego Projetado ao Longo do Tempo

| Ano | Ônibus | Carro Eixo Simples | Carro Eixo Duplo | R+SR | N |
|------|--------|--------------------|------------------|--------|-----------|
| 2001 | 30,00 | 333,00 | 239,00 | 137,00 | 5,841E+05 |
| 2002 | 30,93 | 342,99 | 246,17 | 141,11 | 6,016E+05 |
| 2003 | 31,89 | 353,28 | 253,56 | 145,34 | 6,196E+05 |
| 2004 | 32,88 | 363,88 | 261,16 | 149,70 | 6,382E+05 |
| 2005 | 34,29 | 379,18 | 272,14 | 156,00 | 6,651E+05 |
| 2006 | 35,46 | 391,69 | 281,13 | 161,15 | 6,870E+05 |
| 2007 | 36,66 | 404,62 | 290,40 | 166,46 | 7,097E+05 |
| 2008 | 37,91 | 417,97 | 299,99 | 171,96 | 7,331E+05 |
| 2009 | 39,20 | 431,76 | 309,88 | 177,63 | 7,573E+05 |
| 2010 | 41,60 | 461,80 | 331,44 | 189,99 | 8,100E+05 |
| 2011 | 43,14 | 478,89 | 343,70 | 197,02 | 8,399E+05 |
| 2012 | 44,74 | 496,60 | 356,42 | 204,31 | 8,710E+05 |
| 2013 | 33,00 | 514,98 | 369,61 | 211,87 | 9,032E+05 |
| | | | | | 9,540E+06 |

Fonte: Lorena, M. P. (2009) apud DEINFRA (2003)

A contagem volumétrica do DEINFRA, de março de 2013 mostra:

Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) = 3008 veículos

Veículos leves: 2332 veículos leves

Ônibus: 33 ônibus

Caminhões eixo simples de duplo: 581 caminhões

Reboque e semi-reboque: 62 reboque e semi-reboque

Através destes dados, para encontrar o número de repetições do eixo padrão, valor de “N”, utilizou-se a seguinte equação:

$$N = 365.TMDA.FV.FD.FR.FD$$

Onde:

N - Número de repetições do eixo padrão;

TMDA - Tráfego Médio Diário Anual;

FV - Fator de Veículo;

FR - Fator Climático Regional;

FD – Fator Direcional.

Os valores normalizados pelo DEINFRA para parte das incógnitas na equação podem ser vistos no Quadro 20.

Quadro 20 – Parâmetros para cálculo de “N”

| FV | | | | FR | FD |
|--------|--------------------|------------------|--------|----|-----|
| Ônibus | Carro Eixo Simples | Carro Eixo Duplo | R+SR | | |
| 0,79 | 1,149 | 4,767 | 12,078 | 1 | 0,5 |

Adaptado pela autora de DEINFRA (2003).

No cálculo do presente trabalho foram utilizados os dados de Lorena (2009) até as estimativas de tráfego de 2012. No ano de 2013 foram inseridos os dados fornecidos pelo DEINFRA e até 2016, término da vida útil de projeto do pavimento, foi estimado crescimento de 3% a.a., como segue no Quadro 21.

Quadro 21 – Estudo de Tráfego do Segmento de Referência SC-150

| Ano | Ônibus | Carro Eixo Simples | Carro Eixo Duplo | R+SR | N |
|------|--------|--------------------|------------------|--------|-----------|
| 2001 | 30,00 | 333,00 | 239,00 | 137,00 | 5,841E+05 |
| 2002 | 30,93 | 342,99 | 246,17 | 141,11 | 6,016E+05 |
| 2003 | 31,89 | 353,28 | 253,56 | 145,34 | 6,196E+05 |
| 2004 | 32,88 | 363,88 | 261,16 | 149,70 | 6,382E+05 |
| 2005 | 34,29 | 379,18 | 272,14 | 156,00 | 6,651E+05 |
| 2006 | 35,46 | 391,69 | 281,13 | 161,15 | 6,870E+05 |
| 2007 | 36,66 | 404,62 | 290,40 | 166,46 | 7,097E+05 |
| 2008 | 37,91 | 417,97 | 299,99 | 171,96 | 7,331E+05 |
| 2009 | 39,20 | 431,76 | 309,88 | 177,63 | 7,573E+05 |
| 2010 | 41,60 | 461,80 | 331,44 | 189,99 | 8,100E+05 |
| 2011 | 43,14 | 478,89 | 343,70 | 197,02 | 8,399E+05 |
| 2012 | 44,74 | 496,60 | 356,42 | 204,31 | 8,710E+05 |
| 2013 | 33,00 | 387,33 | 193,67 | 62,00 | 3,911E+05 |
| 2014 | 33,99 | 398,95 | 199,48 | 63,86 | 4,029E+05 |
| 2015 | 35,01 | 410,92 | 205,46 | 65,78 | 4,149E+05 |
| 2016 | 36,06 | 423,25 | 211,63 | 67,75 | 4,274E+05 |
| | | | | | 1,015E+07 |

O “N” calculado através dos critérios apresentados acima para 2016 resultou em $1,015 \times 10^7$ ciclos do eixo padrão.

5.6.1.2 Modelo de Fadiga

O modelo de fadiga utilizado para análise do segmento de referência da SC-150 foi desenvolvido por Luvizão (2014) para pavimentos reciclados. Este depende da tensão de tração aplicada no pavimento e da resistência à tração do material, como se pode ver abaixo:

$$N=21,961.SR^{-18,887},$$

Onde:

N: Número de ciclos de aplicação de carga;

SR: Razão entre a tensão de tração aplicada e a resistência à tração do material.

Tem-se que a resistência à tração da base reciclada, medida em laboratório em 2007 é de $5,2 \text{ kgf/cm}^2$ e que a tensão de tração na superfície inferior da base reciclada com a aplicação de um eixo padrão é de $1,56 \text{ kgf/cm}^3$ (cálculo demonstrado no item ELSYM5). Sendo assim, o SR calculado é de 0,30 e o “N” de $1,65 \times 10^{11}$.

6 CONCLUSÕES

A partir do processamento das medições de campo e das aferições do processo executivo e uso do pavimento da SC-150, é possível chegar a algumas conclusões.

A obtenção de módulos de resiliência foi satisfatória. Observa-se um aumento de rigidez das camadas desde a execução até o momento. O acréscimo ocorreu de forma esperada e os valores obtidos puderam ser usados como subsídio para cálculo de tensões no pavimento.

O pavimento apresentou valores baixos de bacias deflectométricas. A baixa magnitude dos valores indica boas condições estruturais da camada de base. Foram identificados pontos máximos de deflexão, divergentes da média, os quais podem indicar trincas na base reciclada.

Os dados de afundamento de trilha de roda indicam bom desempenho do segmento de referência para os 7 anos de tráfego. Foi observado um sutil aumento em sua magnitude com o passar dos anos. Fazendo o comparativo entre dados obtidos por perfilômetro a laser e treliça, foram observados valores mais altos para as medições com treliça quando comparados com a COPPE 2014 e mais baixos do que os do DEINFRA de 2012. Como os equipamentos a laser captam inclusive as mínimas irregularidades, a treliça é uma representação mais aproximada da realidade do usuário e mostra um claro crescimento nos afundamentos de trilhas de roda entre os anos de 2010 e 2014.

A irregularidade longitudinal apresentou ótimos resultados, estando abaixo da faixa limite para intervenção em rodovias concessionadas definida pela ARTESP. Apresenta-se uma leve redução nos valores medidos em 2014, porém pode ser considerada como variação dos métodos de medição.

Os resultados de patologias foram consistentes e mostram a deterioração do pavimento no período levantado, principalmente nos dois últimos anos. Destaca-se a necessidade de manutenção do revestimento da rodovia visando conservar as camadas estruturais e melhorar o conforto do usuário. Como forma mitigatória, recomenda-se a instalação de postos de fiscalização de carga na SC-150.

Destaca-se a importância da manutenção da drenagem do pavimento. A obstrução de bueiros gera um acúmulo de água na pista, o qual acelera a deterioração do revestimento e camadas estruturais caso a água as atinja. É recomendada a limpeza periódica dos dispositivos de drenagem para a correta manutenção do pavimento.

A estimativa de vida útil da base reciclada foi bastante alta, muito acima da carga estimada para o fim da vida útil de projeto da rodovia em 2016. Justifica-se novamente a importância da manutenção do revestimento para mantê-la estruturalmente saudável.

Como este foi o primeiro caso de restauração de rodovia por reciclagem com adição de cimento no estado de Santa Catarina, houve intenso acompanhamento de execução e de acompanhamento de desempenho nos seus 7 anos de uso. Ressalta-se a importância da padronização dos levantamentos de campo e da calibração dos equipamentos de medição. Recomenda-se também uma uniformização na precisão da coleta de dados, afinal um dos problemas na análise de resultados foi a grande diferença de densidade de pontos medidos entre cada levantamento.

Conclui-se que o método de restauração de pavimentos através de reciclagem com base cimentada é recomendável dado que os resultados de deflexão, trilha de roda e irregularidade longitudinal são bastante satisfatórios.

7 RECOMENDAÇÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendação para estudos futuros, julga-se importante avaliar a condição funcional e estrutural de uma rodovia restaurada na mesma época por métodos convencionais e comparar com os resultados obtidos no presente trabalho.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBANO, João Fortini. **EFEITOS DOS EXCESSOS DE CARGA SOBRE A DURABILIDADE DOS PAVIMENTOS**. 2005. 232 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em:
<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4498/000457228.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12 set. 2014.

ARANHA, Ana Luisa. **AVALIAÇÃO LABORATORIAL E DE CAMPO DA TECNOLOGIA DE RECICLAGEM DE BASE COM CIMENTO PARA REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS**. 2013. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em:
<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-26072013-114250/pt-br.php>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2008. 501 p.

BORGES, César. **AS RODOVIAS BRASILEIRAS E O SALTO NECESSÁRIO PARA O PRIMEIRO MUNDO**. Belo Horizonte: Ministério dos Transportes, 2013. 75 slides, color, 25 cm x 20 cm. Disponível em:
<<http://www.transportes.gov.br/public/arquivo/arq1370976980.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2014.

BORGES, Clarissa Beatriz Sandoval. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MEDIDAS DE DEFLEXÃO COM VIGA BENKELMAN E FWD EM PAVIMENTOS DA MALHA RODOVIÁRIA ESTADUAL DE SANTA CATARINA**. 2001. 197 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/79447/188421.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 11 out. 2014.

BRASÍLIA. Aerton Guimarães. Confederação Nacional de Transporte. Pesquisa CNT de Rodovias 2012: piora estado geral das rodovias: No ano passado, 57,4% da extensão rodoviária foi classificada como regular, ruim ou péssima, contra 62,7% este ano.. 2012. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Paginas/Agencia_Noticia.aspx?n=8599>. Acesso em: 03 set. 2014.

BRASÍLIA. Confederação Nacional de Transporte. Confederação Nacional de Transporte. Boletim Estatístico - CNT Fevereiro 2014. 2014. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Imagens/CNT/PDFs/CNT/Boletim_Econômico/201403_-_Boletim_Estatistico_CNT_-_Fevereiro.pdf>. Acesso em: 03 set. 2014.

BRASÍLIA. Rosalvo Streit. Confederação Nacional de Transporte. Mais de 60% das rodovias apresentam problemas, aponta Pesquisa CNT de Rodovias: Presidente da CNT, senador Clésio Andrade, afirma que excesso de burocracia e falta de capacidade gerencial do governo dificultam investimentos no setor.. 2013. Disponível em: <http://www.cnt.org.br/Paginas/Agencia_Noticia.aspx?n=9171>. Acesso em: 03 set. 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE; SERVIÇO SOCIAL DE TRANSPORTE; SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM DE TRANSPORTE. Pesquisa CNT de Rodovias 2014: Relatório Gerencial. Brasília: Cnt, 2014. 389 p. Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/index.aspx>>. Acesso em: 05 set. 2014

CUNHA, Alexandre et al. **RECICLAGEM A FRIO “IN SITO” COM ESPUMA DE ASFALTO**. Belo Horizonte: Ufmg, 2003. 83 p. Disponível em: <http://www.demc.ufmg.br/dalmo/05_Reciclagem/Reciclagem com Espuma de Asfalto.pdf>. Acesso em: 13 set. 2014.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE INFRAESTRUTURA. DEINFRA-SC-ES-P-09/12: **RECICLAGEM PROFUNDA DE PAVIMENTO COM ADIÇÃO DE CIMENTO PORTLAND**. 1 ed. Florianópolis: Deinfra, 2012. 14 p. Disponível em: <http://www.deinfra.sc.gov.br/jsp/relatorios_documentos/doc_tecnico/download/engenharia_rodoviaria/1Especificacao_de_Servico-reciclagem.pdf>. Acesso em: 13 set. 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. IPR - 720: **MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**. 2ª ed. Brasília: Ipr, 2006. 314 p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..arquivos_internet\ipr\ipr_new\manuais\Manual_de_Restauracao.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT: **TERMINOLOGIAS RODOVIÁRIAS USUALMENTE UTILIZADAS**. 1.1 ed. Brasília: Diretoria de Planejamento e Pesquisa, 2007. 17 p. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/rodovias-federais/terminologias-rodovitarias>>. Acesso em: 30 ago. 2014.

GONÇALVES, Fernando Pugliero. **O DESEMPENHO DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS**. 1999. 149 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 1999. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~pugliero/arquivos/09.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2014.

LORENA, Michele Patricia de. **AValiação DO DESEMPENHO DA RECICLAGEM A FRIO DE PAVIMENTO, COM ADIÇÃO DE CIMENTO, DA RODOVIA SC 303, TRECHO BR 282 A CAPINZAL**. 2009. 150 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

LUVIZÃO, Gislaine. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA RECICLAGEM NA RODOVIA SC 355: CARACTERIZAÇÃO DA MISTURA RECICLADA E AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE SEGMENTOS MONITORADOS EXECUTADOS**. 2014. 251 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

PAEZ, José Leonardo Gonçalves L. C.. **RECICLAGEM DE PAVIMENTO ASFÁLTICO**. 2012. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2012. Disponível em: <<http://www.pergamum.udesc.br/dados-bu/000000/000000000015/000015BD.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2014.

PETROBRAS (Rio de Janeiro). Serviços Asfálticos. Reciclagem a Frio In Situ. 2014. Disponível em: <[http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/servicos/asfalticos/reciclagemafrioin situ!/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQ3cfA_2CbEdFANtJCiM!/>](http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/servicos/asfalticos/reciclagemafrioin situ!/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3hLf0N_P293QwP3YE9nAyNTD5egIEcnQ3cfA_2CbEdFANtJCiM!/). Acesso em: 11 set. 2014.

SÃO PAULO. AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO - ARTESP. . **ANEXO 06 SERVIÇOS CORRESPONDENTES AS FUNÇÕES DE CONSERVAÇÃO**. São Paulo: Artesp, 2014. 73 p. Disponível em: <http://www.artesp.sp.gov.br/Media/Default/Rodovias/pppTamoios/06 - Serviços Correspondentes as Funções de Conservação _Final_.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2014.

SEVERI, Andréa Arantes et al. Verificação à Fadiga de Revestimentos Asfálticos e Bases Cimentadas “Programa Pavimentos Asfálticos v. 1.0”. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998. 27 p. Disponível em: <<http://sites.poli.usp.br/ptr/lmp/download/DER.PDF>>. Acesso em: 05 set. 2014.

TRICHÊS, Glicério; SANTOS, Antônio dos. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA RECICLAGEM DO PAVIMENTO DA RODOVIA SC 303. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RODOVIAS & CONCESSÕES, 7., 2011, Foz do Iguaçu, 2011. v. 1, p. 1 - 15. Disponível em: <<http://cbrcbrasvias.com.br/palestras/arquivos/TC0036-3.PDF>>. Acesso em: 05 set. 2014.

9 ANEXOS

ANEXO I – LEVANTAMENTOS DEFLECTOMÉTRICOS (2014)

| LEVANTAMENTO DEFLECTOMÉTRICO - FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD) | | | | | | | | | |
|---|-------------|------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Bacia de deformação (x 10 ² mm) | | | | | | | | | |
| Estaca | Carga (kgf) | Lado | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | | (L0-LF) | (L20-LF) | (L30-LF) | (L45-LF) | (L60-LF) | (L90-LF) | (L125-LF) |
| 0 | 3940 | Esq. | 22,9 | 16,9 | 13,9 | 9,6 | 7,6 | 5,4 | 3,4 |
| 1 | 3926 | Dir. | 32,2 | 24,5 | 19,1 | 12 | 8,1 | 4,3 | 3,1 |
| 2 | 3935 | Esq. | 38,6 | 25,1 | 15,7 | 7,7 | 4,3 | 1,7 | 0,6 |
| 3 | 3947 | Dir. | 39,1 | 23,3 | 14,7 | 7,6 | 4,7 | 2,3 | 1,3 |
| 4 | 3935 | Esq. | 31,9 | 21,4 | 15,6 | 10,1 | 7,2 | 3,9 | 2,3 |
| 5 | 3929 | Dir. | 24,5 | 19,6 | 15,6 | 11,1 | 8,5 | 4,9 | 2,6 |
| 6 | 3946 | Esq. | 26,1 | 17,3 | 12,3 | 7,5 | 5 | 2,2 | 1,2 |
| 7 | 3949 | Dir. | 17,4 | 11,4 | 8,7 | 5,6 | 3,9 | 2 | 0,9 |
| 8 | 3942 | Esq. | 33,6 | 22,2 | 15,2 | 8,5 | 5,5 | 2,4 | 1 |
| 9 | 3962 | Dir. | 24,1 | 16 | 10,5 | 5,9 | 3,9 | 1,9 | 1 |
| 10 | 3945 | Esq. | 34,8 | 23,4 | 16,1 | 9,5 | 6,5 | 3,3 | 1,6 |
| 11 | 3939 | Dir. | 17 | 11,3 | 8,7 | 6 | 4,5 | 2,3 | 1,5 |
| 12 | 3945 | Esq. | 33,0 | 21,1 | 14,9 | 9,3 | 6,5 | 3,3 | 1,8 |
| 13 | 3953 | Dir. | 11,5 | 8,3 | 6,5 | 4,3 | 3,4 | 2 | 1 |
| 14 | 3941 | Esq. | 26,3 | 18,3 | 14,2 | 10,1 | 7,6 | 4,6 | 2,5 |
| 15 | 3937 | Dir. | 16,8 | 12,2 | 10,3 | 7,9 | 6,4 | 4,4 | 2,5 |
| 16 | 3938 | Esq. | 25,5 | 17,8 | 13,6 | 9,5 | 7,2 | 4,3 | 2,6 |
| 17 | 3930 | Dir. | 18,6 | 14,3 | 12,3 | 9,6 | 7,7 | 4,7 | 3 |
| 18 | 3954 | Esq. | 22,7 | 15,9 | 12,6 | 9,2 | 7,1 | 4,5 | 2,8 |
| 19 | 3926 | Dir. | 20,3 | 15,5 | 13,2 | 10 | 8 | 4,9 | 3,1 |
| 20 | 3960 | Esq. | 23,0 | 15,3 | 11,2 | 7 | 5 | 2,7 | 1,2 |
| 21 | 3936 | Dir. | 13,1 | 9,5 | 8,1 | 5,9 | 4,6 | 2,8 | 1,7 |
| 22 | 3939 | Esq. | 25,0 | 16,2 | 12 | 8 | 6 | 3,4 | 2,4 |
| 23 | 3941 | Dir. | 13,1 | 10,1 | 8,6 | 6,8 | 5,6 | 4 | 2,3 |
| 24 | 3957 | Esq. | 24,4 | 16,7 | 11,9 | 7,4 | 5 | 2,6 | 0,9 |
| 25 | 3936 | Dir. | 16,2 | 11,2 | 8,6 | 6 | 4,6 | 2,5 | 1,6 |
| 26 | 3950 | Esq. | 17,1 | 13,5 | 11,6 | 9,3 | 7,6 | 5,2 | 3,4 |
| 27 | 3942 | Dir. | 21,7 | 14,2 | 11 | 8,3 | 6,6 | 4,4 | 3,3 |
| 28 | 3952 | Esq. | 22,2 | 15,8 | 13,1 | 9,6 | 7,6 | 4,4 | 2,8 |
| 29 | 3943 | Dir. | 17,3 | 11,5 | 8,6 | 5,9 | 4,4 | 2,6 | 1,7 |
| 30 | 3937 | Esq. | 29,9 | 22,1 | 17,7 | 12,3 | 8,9 | 4,7 | 2,2 |
| 31 | 3928 | Dir. | 22 | 14,6 | 10,8 | 7,2 | 5,2 | 3,1 | 1,8 |

| LEVANTAMENTO DEFLECTOMÉTRICO - FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD) | | | | | | | | | | |
|---|-------------|------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----|
| Bacia de deformação (x 10 ⁻² mm) | | | | | | | | | | |
| Estaca | Carga (kgf) | Lado | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 | |
| | | | (L0-LF) | (L20-LF) | (L30-LF) | (L45-LF) | (L60-LF) | (L90-LF) | (L125-LF) | |
| 32 | 3964 | Esq. | 24,5 | 17,1 | 13 | 8,2 | 5,6 | 2,5 | | 1,4 |
| 33 | 3934 | Dir. | 22,1 | 15 | 11,3 | 7,7 | 5,4 | 3 | | 1,5 |
| 34 | 3952 | Esq. | 15,2 | 11,7 | 10 | 7,5 | 5,9 | 3,4 | | 2,1 |
| 35 | 3915 | Dir. | 27 | 17,5 | 12,8 | 8,3 | 5,9 | 3,3 | | 2 |
| 36 | 3947 | Esq. | 21,1 | 16,2 | 13,1 | 9,3 | 6,9 | 3,7 | | 2,2 |
| 37 | 3897 | Dir. | 30,5 | 20,4 | 15,8 | 10,6 | 7,9 | 4,6 | | 2,7 |
| 38 | 3943 | Esq. | 23,9 | 17,4 | 14,3 | 10,1 | 7,5 | 4,3 | | 2,5 |
| 39 | 3929 | Dir. | 32,7 | 23,8 | 18,3 | 12,7 | 9,8 | 6,2 | | 4,2 |
| 40 | 3966 | Esq. | 21,6 | 15,6 | 12,5 | 8,7 | 6,2 | 3,2 | | 1,6 |
| 41 | 3907 | Dir. | 29,4 | 19,1 | 13,6 | 8,3 | 5,6 | 3,1 | | 1,6 |
| 42 | 3937 | Esq. | 26,7 | 21,5 | 18,9 | 15 | 12,2 | 8,2 | | 5,1 |
| 43 | 3906 | Dir. | 23,3 | 16,3 | 12,7 | 9 | 7,1 | 4,6 | | 3,1 |
| 44 | 3941 | Esq. | 24,0 | 17,6 | 14,1 | 10 | 7,7 | 4,6 | | 3 |
| 45 | 3930 | Dir. | 26,7 | 18,1 | 13,6 | 8,8 | 6,3 | 3,5 | | 2,2 |
| 46 | 3952 | Esq. | 25,2 | 18,1 | 14,2 | 9,6 | 6,8 | 3,5 | | 1,9 |
| 47 | 3942 | Dir. | 28,2 | 19,4 | 14,6 | 9,7 | 7,2 | 4,2 | | 2,3 |
| 48 | 3957 | Esq. | 25,5 | 17,8 | 13,4 | 8,7 | 5,9 | 2,7 | | 1,3 |
| 49 | 3922 | Dir. | 30,1 | 20,7 | 15,2 | 9,3 | 6,5 | 3 | | 1,6 |
| 50 | 3962 | Esq. | 20,7 | 14,5 | 11,3 | 7,3 | 4,9 | 2 | | 1 |
| 51 | 3943 | Dir. | 25,3 | 16,6 | 11,9 | 7 | 4,8 | 2,4 | | 1,1 |
| 52 | 3951 | Esq. | 39,8 | 27,7 | 20,8 | 12,8 | 8,1 | 2,6 | | 0,8 |
| 53 | 3933 | Dir. | 37,6 | 23,5 | 15,1 | 8,2 | 5,1 | 2,1 | | 1,2 |
| 54 | 3946 | Esq. | 25,6 | 17,5 | 13 | 8,3 | 5,5 | 2,3 | | 0,8 |
| 55 | 3945 | Dir. | 13 | 9,8 | 8 | 5,5 | 4,1 | 2,2 | | 1 |
| 56 | 3960 | Esq. | 19,8 | 12,7 | 9,2 | 5,7 | 3,6 | 1,5 | | 0,6 |
| 57 | 3935 | Dir. | 11,9 | 8,6 | 6,6 | 4,4 | 3,1 | 1,5 | | 0,7 |
| 58 | 3937 | Esq. | 22,2 | 16,1 | 12,9 | 9,4 | 7,1 | 4,1 | | 2,5 |
| 59 | 3955 | Dir. | 12,2 | 9,6 | 8,5 | 7 | 5,8 | 4,2 | | 2,7 |
| 60 | 3946 | Esq. | 29,3 | 20,2 | 15,2 | 10,3 | 7,6 | 4,6 | | 2,7 |
| 61 | 3966 | Dir. | 12,7 | 9,8 | 8,6 | 6,5 | 5,2 | 3,6 | | 2,3 |
| 62 | 3951 | Esq. | 33,1 | 20 | 13,7 | 7,9 | 5,3 | 2,9 | | 1,4 |

| LEVANTAMENTO DEFLECTOMÉTRICO - FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD) | | | | | | | | | |
|---|-------------|------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Bacia de deformação (x 10 ⁻² mm) | | | | | | | | | |
| Estaca | Carga (kgf) | Lado | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | | (L0-LF) | (L20-LF) | (L30-LF) | (L45-LF) | (L60-LF) | (L90-LF) | (L125-LF) |
| 63 | 3910 | Dir. | 18 | 11,8 | 9,1 | 6,2 | 4,4 | 2,3 | 0,9 |
| 64 | 3941 | Esq. | 28,5 | 19,2 | 14,1 | 8,7 | 5,7 | 2,5 | 1,4 |
| 65 | 3920 | Dir. | 17 | 11,6 | 8,5 | 5,7 | 3,9 | 1,6 | 0,9 |
| 66 | 3988 | Esq. | 15,8 | 12 | 9,9 | 7,1 | 5,4 | 3 | 1,3 |
| 67 | 3945 | Dir. | 15,5 | 11 | 9,1 | 7 | 5,6 | 3,7 | 2,2 |
| 68 | 3968 | Esq. | 17,3 | 13,2 | 11 | 7,9 | 5,9 | 3,2 | 1,4 |
| 69 | 3931 | Dir. | 23,7 | 14,8 | 10,2 | 6,3 | 4,2 | 2 | 1 |
| 70 | 3934 | Esq. | 23,6 | 18,6 | 15,6 | 12,1 | 9,6 | 6,5 | 4,5 |
| 71 | 3907 | Dir. | 26,9 | 18,3 | 14,3 | 10,4 | 8,2 | 5,6 | 4,1 |
| 72 | 3940 | Esq. | 19,2 | 15 | 12,7 | 9,6 | 7,6 | 4,8 | 3,2 |
| 73 | 3942 | Dir. | 20,2 | 13,8 | 10,6 | 7,3 | 5,4 | 3,2 | 1,7 |
| 74 | 3958 | Esq. | 13,7 | 11,5 | 9,7 | 7,3 | 5,7 | 3,4 | 2,2 |
| 75 | 3914 | Dir. | 23 | 15,2 | 11,2 | 7,4 | 5,4 | 2,9 | 1,6 |
| 76 | 3947 | Esq. | 21,2 | 16,5 | 13,3 | 9,5 | 7,2 | 3,9 | 2 |
| 77 | 3978 | Dir. | 34,8 | 25,5 | 20,4 | 13,6 | 9,7 | 5 | 2,8 |
| 78 | 3975 | Esq. | 17,2 | 14,2 | 11,7 | 8,6 | 6,4 | 3,6 | 1,8 |
| 79 | 4007 | Dir. | 25,1 | 17,3 | 13,1 | 8,8 | 6,4 | 3,4 | 1,6 |
| 80 | 3959 | Esq. | 20,1 | 15,7 | 13 | 9,5 | 7,4 | 4,6 | 3 |
| 81 | 4046 | Dir. | 21,1 | 15 | 12,4 | 9,3 | 7,4 | 5,1 | 3 |
| 82 | 3921 | Esq. | 31,1 | 23,3 | 18,7 | 12,6 | 8,8 | 4,4 | 2,5 |
| 83 | 4027 | Dir. | 26 | 17,1 | 12,6 | 7,9 | 5,8 | 3,4 | 2,1 |
| 84 | 3947 | Esq. | 14,6 | 11,7 | 10,2 | 7,9 | 6,3 | 4 | 2,7 |
| 85 | 4030 | Dir. | 27 | 17 | 12,7 | 8,8 | 6,6 | 4,2 | 2,9 |
| 86 | 3957 | Esq. | 12,9 | 10 | 8,5 | 6,2 | 5 | 2,9 | 2 |
| 87 | 4028 | Dir. | 24,7 | 18 | 14,4 | 10,1 | 7,6 | 4,5 | 2,5 |
| 88 | 3939 | Esq. | 25,8 | 19,7 | 16,3 | 12,2 | 9,6 | 6,2 | 3,9 |
| 89 | 4026 | Dir. | 23,4 | 17,8 | 15,1 | 11,7 | 9,3 | 6,2 | 3,7 |
| 90 | 3987 | Esq. | 33,7 | 27,9 | 24,3 | 18,7 | 14,5 | 9 | 6 |
| 91 | 3993 | Dir. | 50,1 | 36,8 | 28,8 | 19,9 | 14,9 | 9,4 | 5,9 |
| 92 | 3947 | Esq. | 17,9 | 13,9 | 12,1 | 9,6 | 8 | 5,7 | 4,3 |
| 93 | 4001 | Dir. | 30,9 | 21,7 | 17,1 | 13 | 10,5 | 7,9 | 5,6 |

| LEVANTAMENTO DEFLECTOMÉTRICO - FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD) | | | | | | | | | |
|---|-------------|------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Bacia de deformação (x 10 ⁻² mm) | | | | | | | | | |
| Estaca | Carga (kgf) | Lado | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | | (L0-LF) | (L20-LF) | (L30-LF) | (L45-LF) | (L60-LF) | (L90-LF) | (L125-LF) |
| 94 | 3941 | Esq. | 18,7 | 13,9 | 11,4 | 8,6 | 6,8 | 4,6 | 2,8 |
| 95 | 4021 | Dir. | 26 | 16,6 | 12,4 | 8,3 | 6,3 | 4 | 2,8 |
| 96 | 3952 | Esq. | 29,3 | 21,2 | 16,9 | 12,1 | 9 | 5 | 2,9 |
| 97 | 4010 | Dir. | 32,2 | 20,9 | 15,1 | 10,2 | 7,6 | 4,8 | 3,2 |
| 98 | 3948 | Esq. | 18,8 | 14,3 | 11,3 | 7,8 | 5,8 | 3,6 | 2,3 |
| 99 | 4023 | Dir. | 23,6 | 16,9 | 13,5 | 9,4 | 7,2 | 4,1 | 2,5 |
| 100 | 3968 | Esq. | 26,0 | 18 | 14 | 9,3 | 6,6 | 3,7 | 2 |
| 101 | 3996 | Dir. | 13,2 | 9,6 | 7,8 | 5,3 | 3,9 | 2 | 1,2 |
| 102 | 3947 | Esq. | 20,3 | 16,1 | 13,5 | 10,2 | 8,1 | 5,5 | 3,7 |
| 103 | 4020 | Dir. | 17 | 14 | 12,5 | 10,1 | 8,3 | 5,8 | 4 |
| 104 | 3978 | Esq. | 22,5 | 16,1 | 13,5 | 10,2 | 8,4 | 5,9 | 4,4 |
| 105 | 4000 | Dir. | 17,4 | 14,6 | 13 | 10,4 | 8,6 | 5,9 | 3,9 |
| 106 | 3955 | Esq. | 19,7 | 15 | 12,7 | 9,9 | 8,1 | 5,7 | 3,8 |
| 107 | 4016 | Dir. | 31,5 | 23,4 | 18,6 | 13,3 | 10,4 | 6,8 | 4,5 |
| 108 | 3969 | Esq. | 22,4 | 16,9 | 13,7 | 9,8 | 7,5 | 5 | 3,4 |
| 109 | 3981 | Dir. | 19,8 | 15,5 | 12,8 | 9,4 | 7,4 | 4,8 | 3,3 |
| 110 | 3972 | Esq. | 14,3 | 11,7 | 10,2 | 8 | 6,5 | 4,5 | 3,3 |
| 111 | 3983 | Dir. | 29,6 | 20,4 | 15,6 | 10 | 7,2 | 4,3 | 3 |
| 112 | 3971 | Esq. | 21,2 | 16,9 | 14,4 | 10,8 | 8,7 | 6,1 | 4,2 |
| 113 | 3994 | Dir. | 21,7 | 15,5 | 12,3 | 8,9 | 7,2 | 5,1 | 3,5 |
| 114 | 3970 | Esq. | 19,7 | 15,6 | 13,7 | 10,9 | 8,9 | 6,1 | 4,2 |
| 115 | 3980 | Dir. | 30,8 | 21,6 | 16,6 | 11,1 | 8,4 | 5,4 | 3,8 |
| 116 | 3964 | Esq. | 19,9 | 14,3 | 11,5 | 8,1 | 6 | 3,1 | 1,3 |
| 117 | 4011 | Dir. | 15,2 | 10,6 | 8,4 | 5,9 | 4,5 | 2,8 | 1,3 |
| 118 | 3981 | Esq. | 9,9 | 7,4 | 6,2 | 4,6 | 3,6 | 2,1 | 1,2 |
| 119 | 4006 | Dir. | 10,3 | 7,3 | 5,8 | 4,1 | 3,1 | 1,8 | 1 |
| 120 | 3977 | Esq. | 23,7 | 16,6 | 12,7 | 7,9 | 5,6 | 2,8 | 1,5 |
| 121 | 4025 | Dir. | 19 | 12,4 | 9,5 | 6,5 | 4,6 | 2,5 | 1,1 |
| 122 | 3974 | Esq. | 18,4 | 13,7 | 10,8 | 7,1 | 5,1 | 2,6 | 1,3 |
| 123 | 4037 | Dir. | 14,7 | 10,5 | 8 | 5,7 | 4,2 | 2 | 1 |
| 124 | 4010 | Esq. | 30,5 | 21,6 | 16,9 | 10,8 | 7,3 | 3,4 | 1,8 |

| LEVANTAMENTO DEFLECTOMÉTRICO - FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD) | | | | | | | | | |
|---|-------------|------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Bacia de deformação (x 10 ⁻² mm) | | | | | | | | | |
| Estaca | Carga (kgf) | Lado | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | | (L0-LF) | (L20-LF) | (L30-LF) | (L45-LF) | (L60-LF) | (L90-LF) | (L125-LF) |
| 125 | 3981 | Dir. | 21,8 | 15,4 | 11,9 | 8 | 5,8 | 3,1 | 1,5 |
| 126 | 4062 | Esq. | 29,5 | 21,2 | 16,6 | 11,1 | 7,9 | 4 | 2,1 |
| 127 | 4002 | Dir. | 22 | 13,8 | 9,2 | 5 | 3,2 | 1,2 | 0,6 |
| 128 | 4065 | Esq. | 26,9 | 19,7 | 16 | 11,5 | 8,5 | 4,5 | 2,3 |
| 129 | 4021 | Dir. | 13,9 | 9,7 | 7,7 | 5,1 | 3,4 | 1,5 | 0,9 |
| 130 | 4014 | Esq. | 12,0 | 9,2 | 7,7 | 5,7 | 4,4 | 2,8 | 1,5 |
| 131 | 4015 | Dir. | 13,6 | 10,6 | 8,9 | 6,5 | 5,1 | 2,9 | 1,5 |
| 132 | 3976 | Esq. | 13,2 | 10,1 | 8,6 | 6,4 | 5,1 | 3,1 | 1,6 |
| 133 | 3983 | Dir. | 21,1 | 15,2 | 12,2 | 8,8 | 6,7 | 3,8 | 2,2 |
| 134 | 3959 | Esq. | 17,8 | 13,9 | 11,6 | 8,8 | 7 | 4,5 | 2,8 |
| 135 | 4031 | Dir. | 14,6 | 10,7 | 8,8 | 6,5 | 4,8 | 2,9 | 1,5 |
| 136 | 3957 | Esq. | 24,9 | 18,8 | 15,3 | 10,9 | 8,2 | 5,2 | 3,5 |
| 137 | 4016 | Dir. | 27,7 | 19,6 | 15,4 | 10,9 | 8,4 | 5,4 | 3,7 |
| 138 | 3988 | Esq. | 17,4 | 13,5 | 11,5 | 9 | 7,4 | 5,1 | 3,5 |
| 139 | 4004 | Dir. | 26,9 | 18,6 | 14,6 | 9,9 | 7,8 | 5,4 | 3,6 |
| 140 | 3988 | Esq. | 19,6 | 15,3 | 13,1 | 9,9 | 8,1 | 5,6 | 4,2 |
| 141 | 4004 | Dir. | 27,3 | 18,7 | 15,1 | 10,9 | 8,5 | 5,3 | 3,6 |
| 142 | 3987 | Esq. | 24,3 | 19,2 | 15,8 | 11,6 | 9 | 5,4 | 3,5 |
| 143 | 4032 | Dir. | 22,4 | 15,6 | 12,8 | 9,7 | 7,9 | 5,2 | 3,4 |
| 144 | 3978 | Esq. | 23,2 | 17 | 13,8 | 10,1 | 7,8 | 5 | 3 |
| 145 | 4024 | Dir. | 18,7 | 12,6 | 9,8 | 7,3 | 5,6 | 3,5 | 2 |
| 146 | 3969 | Esq. | 25,3 | 17,6 | 14,1 | 9,7 | 7,2 | 4,2 | 2,5 |
| 147 | 4009 | Dir. | 26,8 | 17,5 | 12,2 | 7,2 | 4,8 | 2,6 | 1,5 |
| 148 | 4005 | Esq. | 12,6 | 8,8 | 6,9 | 4,6 | 3,3 | 1,7 | 0,8 |
| 149 | 3985 | Dir. | 28,6 | 19,4 | 14 | 9,1 | 6,4 | 3,3 | 1,7 |
| 150 | 4006 | Esq. | 12,1 | 9,4 | 7,7 | 5,7 | 4,2 | 2,3 | 1,1 |
| 151 | 3994 | Dir. | 26,8 | 17,2 | 12,2 | 7,7 | 5,5 | 3 | 1,8 |
| 152 | 4180 | Esq. | 24,9 | 19,4 | 15,9 | 11,6 | 9,1 | 5,6 | 3,3 |
| 153 | 4010 | Dir. | 32,8 | 21,7 | 15,9 | 10,9 | 7,9 | 4,6 | 2,5 |
| 154 | 4180 | Esq. | 9,7 | 8,6 | 8,2 | 6,8 | 5,6 | 3,7 | 2,5 |
| 155 | 3994 | Dir. | 29,5 | 18,9 | 13,5 | 8,3 | 5,8 | 3 | 1,5 |
| 156 | 4144 | Esq. | 11,8 | 10,2 | 9,3 | 7,6 | 6,3 | 4,2 | 2,8 |
| 157 | 4016 | Dir. | 21,2 | 14,1 | 10,9 | 7,5 | 5,8 | 3,8 | 2,4 |
| 158 | 4220 | Esq. | 9,2 | 7,4 | 6,4 | 5,3 | 4,4 | 2,9 | 2,1 |
| 159 | 4021 | Dir. | 18 | 13,9 | 11,5 | 8,3 | 6,4 | 4 | 2 |
| 160 | 4240 | Esq. | 11,1 | 9,1 | 8,2 | 6,7 | 5,6 | 3,9 | 2,6 |
| 161 | 4002 | Dir. | 30,5 | 23,7 | 19,8 | 14,8 | 11,9 | 7,7 | 4,8 |

ANEXO II – RESULTADOS FASE 1 DE RETROANÁLISE

| Estaca | Lado | Módulo de Resiliência (MPa) - Camada | | | | | RMS (mc) |
|--------|------|--------------------------------------|----------------|-------------------|---------|----------|----------|
| | | Revestimento | Base Reciclada | Base Remanescente | Subbase | Subleito | |
| 0 | Esq. | 3.390,43 | 1.442,35 | 72,62 | 287,55 | 266,91 | 3,76 |
| 1 | Dir. | 3.375,69 | 841,28 | 18,16 | 208,46 | 402,34 | 8,27 |
| 2 | Esq. | 9.430,80 | 177,95 | 300,00 | 80,71 | 972,50 | 3,26 |
| 3 | Dir. | 7.679,23 | 159,65 | 300,00 | 304,48 | 447,62 | 2,57 |
| 4 | Esq. | 10.016,03 | 345,82 | 324,72 | 111,68 | 325,88 | 1,30 |
| 5 | Dir. | 3.167,18 | 1.754,13 | 19,98 | 198,51 | 394,54 | 4,50 |
| 6 | Esq. | 9.603,09 | 549,41 | 64,08 | 188,93 | 592,16 | 0,88 |
| 7 | Dir. | 2.263,09 | 1.466,74 | 842,24 | 90,87 | 884,78 | 1,99 |
| 8 | Esq. | 8.667,50 | 364,26 | 29,74 | 778,48 | 576,13 | 2,18 |
| 9 | Dir. | 3.290,80 | 835,67 | 43,18 | 251,96 | 980,88 | 4,62 |
| 10 | Esq. | 6.321,36 | 416,39 | 50,10 | 140,97 | 447,17 | 3,09 |
| 11 | Dir. | 7.633,39 | 1.020,86 | 1.375,63 | 89,56 | 690,50 | 1,02 |
| 12 | Esq. | 6.966,54 | 325,94 | 1.025,32 | 57,97 | 503,72 | 0,61 |
| 13 | Dir. | 4.000,00 | 2.956,74 | 445,30 | 179,08 | 797,05 | 1,97 |
| 14 | Esq. | 8.304,11 | 621,77 | 836,69 | 59,24 | 363,60 | 0,88 |
| 15 | Dir. | 2.553,39 | 2.680,27 | 183,75 | 320,61 | 312,71 | 1,57 |
| 16 | Esq. | 2.465,81 | 1.146,44 | 72,31 | 180,50 | 330,75 | 2,08 |
| 17 | Dir. | 3.095,59 | 3.003,92 | 81,63 | 149,47 | 305,87 | 0,58 |
| 18 | Esq. | 2.937,01 | 1.171,42 | 585,15 | 102,59 | 324,74 | 1,44 |
| 19 | Dir. | 4.101,80 | 2.167,82 | 66,86 | 153,13 | 295,55 | 0,97 |
| 20 | Esq. | 6.683,12 | 814,42 | 66,32 | 210,44 | 569,33 | 1,80 |
| 21 | Dir. | 4.030,31 | 3.303,69 | 125,57 | 284,84 | 507,99 | 0,91 |
| 22 | Esq. | 2.518,54 | 905,38 | 88,08 | 301,72 | 369,35 | 1,40 |
| 23 | Dir. | 2.405,13 | 5.761,16 | 119,02 | 473,05 | 359,78 | 1,59 |
| 24 | Esq. | 12.508,15 | 519,64 | 300,00 | 88,10 | 659,26 | 1,91 |
| 25 | Dir. | 16.843,32 | 805,60 | 3.042,36 | 69,02 | 728,73 | 0,77 |
| 26 | Esq. | 5.944,01 | 2.813,56 | 56,78 | 775,13 | 262,68 | 0,49 |
| 27 | Dir. | 3.795,61 | 892,90 | 439,99 | 385,61 | 273,07 | 0,60 |
| 28 | Esq. | 2.184,23 | 1.823,25 | 79,27 | 207,74 | 305,86 | 1,15 |
| 29 | Dir. | 6.369,34 | 1.180,19 | 110,11 | 538,14 | 489,88 | 0,43 |
| 30 | Esq. | 2.246,89 | 1.275,60 | 21,44 | 119,53 | 409,25 | 2,55 |
| 31 | Dir. | 6.078,58 | 865,99 | 71,34 | 451,41 | 432,97 | 0,85 |
| 32 | Esq. | 12.579,43 | 698,39 | 28,62 | 798,19 | 594,15 | 1,03 |
| 33 | Dir. | 4.835,92 | 1.043,65 | 79,74 | 161,71 | 499,57 | 0,97 |
| 34 | Esq. | 2.773,64 | 3.949,42 | 373,14 | 81,97 | 487,88 | 1,36 |
| 35 | Dir. | 5.338,60 | 614,23 | 144,52 | 159,99 | 398,24 | 0,67 |
| 36 | Esq. | 2.307,29 | 2.303,65 | 50,46 | 90,80 | 479,07 | 2,99 |
| 37 | Dir. | 3.401,83 | 726,32 | 62,29 | 180,51 | 292,00 | 1,60 |
| 38 | Esq. | 7.590,78 | 1.146,64 | 25,65 | 998,70 | 358,73 | 1,34 |
| 39 | Dir. | 12.587,56 | 420,33 | 71,70 | 358,40 | 196,61 | 1,10 |
| 40 | Esq. | 6.837,63 | 1.292,60 | 64,34 | 88,06 | 567,57 | 0,83 |

| Estaca | Lado | Módulo de Resiliência (MPa) - Camada | | | | | RMS (mc) |
|--------|------|--------------------------------------|----------------|----------------------|----------|----------|----------|
| | | Revestimento | Base Reciclada | Base Remanescente | Subbase | Subleito | |
| 41 | Dir. | 7.715,24 | 443,86 | 126,19 | 141,72 | 436,20 | 1,28 |
| 42 | Esq. | 1.630,34 | 3.125,97 | 36,46 | 130,09 | 183,64 | 1,93 |
| 43 | Dir. | 9.382,26 | 751,05 | 157,78 | 306,99 | 268,90 | 0,81 |
| 44 | Esq. | 12.377,30 | 870,46 | 54,08 | 334,02 | 286,57 | 0,89 |
| 45 | Dir. | 10.628,49 | 491,39 | 304,41 | 113,41 | 379,75 | 0,94 |
| 46 | Esq. | 5.795,44 | 1.022,37 | 26,02 | 349,62 | 462,51 | 1,41 |
| 47 | Dir. | 9.236,97 | 518,81 | 293,56 | 99,30 | 337,34 | 1,39 |
| 48 | Esq. | 9.580,91 | 756,97 | 26,74 | 428,82 | 606,71 | 0,56 |
| 49 | Dir. | 13.082,03 | 326,09 | 600,84 | 60,28 | 531,08 | 1,27 |
| 50 | Esq. | 9.548,32 | 1.092,79 | 22,56 | 1.553,33 | 996,33 | 1,14 |
| 51 | Dir. | 9.352,06 | 556,92 | 75,97 | 194,66 | 584,51 | 1,64 |
| 52 | Esq. | 7.418,35 | 450,39 | 14,97 | 119,49 | 938,33 | 1,30 |
| 53 | Dir. | 7.965,61 | 191,19 | 1.532,14 | 64,62 | 730,09 | 1,19 |
| 54 | Esq. | 6.813,02 | 822,00 | 20,38 | 1.976,57 | 868,24 | 0,88 |
| 55 | Dir. | 28.544,95 | 1.693,61 | 225,73 | 99,12 | 891,74 | 0,93 |
| 56 | Esq. | 5.700,77 | 990,29 | 107,79 | 128,87 | 1.092,63 | 0,44 |
| 57 | Dir. | 52.052,93 | 570,63 | 41.492,91 | 45,83 | 5.092,43 | 0,39 |
| 58 | Esq. | 7.482,79 | 1.159,82 | 126,88 | 111,27 | 349,87 | 0,35 |
| 59 | Dir. | 2.928,59 | 6.779,02 | 697,56 | 227,85 | 332,81 | 0,73 |
| 60 | Esq. | 8.981,12 | 497,28 | 264,50 | 113,86 | 295,79 | 0,99 |
| 61 | Dir. | 27.139,45 | 2.163,64 | 485,76 | 173,13 | 396,27 | 1,27 |
| 62 | Esq. | 4.607,05 | 391,88 | 136,77 | 143,33 | 466,97 | 1,77 |
| 63 | Dir. | 3.831,92 | 1.306,02 | 494,71 | 93,21 | 761,57 | 1,06 |
| 64 | Esq. | 8.615,43 | 568,04 | 36,15 | 233,35 | 562,37 | 0,70 |
| 65 | Dir. | 8.407,91 | 1.279,39 | 36,48 | 1.724,33 | 936,38 | 0,85 |
| 66 | Esq. | 15.612,31 | 1.941,35 | 41,39 | 135,33 | 729,05 | 1,09 |
| 67 | Dir. | 2.069,25 | 3.166,76 | 99,98 | 939,12 | 364,03 | 1,03 |
| 68 | Esq. | 11.109,11 | 1.971,86 | 18,07 | 1.883,61 | 795,91 | 1,06 |
| 69 | Dir. | 4.650,55 | 738,24 | 44,41 | 1.099,86 | 670,17 | 1,06 |
| 70 | Esq. | 21.424,71 | 965,42 | 82,30 | 263,05 | 195,31 | 0,34 |
| 71 | Dir. | 5.994,46 | 663,58 | 142,50 | 478,94 | 212,78 | 0,71 |
| 72 | Esq. | 11.246,26 | 1.754,03 | 36,36 | 618,57 | 297,35 | 1,09 |
| 73 | Dir. | 6.150,88 | 1.112,71 | 93,42 | 232,71 | 443,73 | 1,11 |
| 74 | Esq. | 116.535,99 | 765,22 | 74,64 | 631,62 | 396,22 | 0,49 |
| 75 | Dir. | 5.453,47 | 843,79 | 83,53 | 222,03 | 462,39 | 1,06 |
| 76 | Esq. | 24.247,79 | 1.020,97 | 53,75 | 96,72 | 442,12 | 1,00 |
| 77 | Dir. | 12.373,16 | 525,83 | 20,50 | 303,95 | 306,78 | 1,87 |
| 78 | Esq. | 79.982,39 | 438,08 | 2.668,99 | 34,46 | 855,45 | 0,58 |
| 79 | Dir. | 73.381,30 | 8.037,35 | 1.368,87 | 935,72 | 4.692,19 | 1,38 |
| 80 | Esq. | 32.011,86 | 902,97 | 85,50 | 237,14 | 289,32 | 0,72 |

| Estaca | Lado | Módulo de Resiliência (MPa) - Camada | | | | | RMS (mc) |
|--------|------|--------------------------------------|----------------|-------------------|----------|----------|----------|
| | | Revestimento | Base Reciclada | Base Remanescente | Subbase | Subleito | |
| 81 | Dir. | 3.819,20 | 1.457,10 | 190,62 | 267,24 | 270,24 | 1,67 |
| 82 | Esq. | 22.994,54 | 322,57 | 434,12 | 44,81 | 379,97 | 1,52 |
| 83 | Dir. | 8.523,79 | 572,82 | 82,82 | 391,51 | 381,50 | 1,33 |
| 84 | Esq. | 38.173,30 | 2.015,90 | 39,13 | 1.504,60 | 356,49 | 0,88 |
| 85 | Dir. | 6.365,52 | 449,29 | 4.405,09 | 76,83 | 355,32 | 1,27 |
| 86 | Esq. | 40.160,35 | 1.827,09 | 52,76 | 2.343,53 | 466,65 | 1,15 |
| 87 | Dir. | 14.749,42 | 643,44 | 817,43 | 52,40 | 403,99 | 1,12 |
| 88 | Esq. | 11.457,80 | 1.033,19 | 29,99 | 1.393,21 | 223,77 | 0,91 |
| 89 | Dir. | 11.997,79 | 1.027,93 | 1.117,50 | 40,02 | 301,05 | 1,13 |
| 90 | Esq. | 49.448,44 | 264,39 | 385,97 | 56,03 | 156,31 | 1,69 |
| 91 | Dir. | 9.533,13 | 267,82 | 87,25 | 92,53 | 139,69 | 1,76 |
| 92 | Esq. | 28.334,60 | 1.137,99 | 400,10 | 400,33 | 205,04 | 1,30 |
| 93 | Dir. | 7.980,42 | 480,81 | 414,74 | 366,32 | 155,68 | 0,95 |
| 94 | Esq. | 21.434,55 | 824,75 | 1.456,24 | 111,38 | 305,80 | 1,12 |
| 95 | Dir. | 7.485,20 | 464,34 | 2.160,27 | 107,49 | 353,44 | 1,38 |
| 96 | Esq. | 5.578,38 | 911,80 | 32,13 | 173,04 | 299,13 | 0,58 |
| 97 | Dir. | 5.348,38 | 465,98 | 105,76 | 335,67 | 260,22 | 0,58 |
| 98 | Esq. | 36.816,76 | 596,63 | 117,53 | 425,47 | 353,04 | 0,64 |
| 99 | Dir. | 19.095,21 | 481,62 | 5.478,17 | 26,56 | 682,35 | 1,42 |
| 100 | Esq. | 6.161,81 | 858,32 | 39,02 | 270,22 | 406,68 | 1,38 |
| 101 | Dir. | 23.239,53 | 1.691,58 | 55,97 | 530,54 | 766,92 | 0,91 |
| 102 | Esq. | 34.867,57 | 861,98 | 146,30 | 256,84 | 232,31 | 0,65 |
| 103 | Dir. | 32.142,34 | 2.215,84 | 57,51 | 273,39 | 241,04 | 0,93 |
| 104 | Esq. | 4.536,92 | 1.247,34 | 99,18 | 1.438,13 | 204,60 | 1,31 |
| 105 | Dir. | 46.398,12 | 1.989,46 | 45,79 | 188,97 | 252,40 | 0,84 |
| 106 | Esq. | 9.099,35 | 1.593,03 | 94,07 | 513,83 | 227,06 | 0,87 |
| 107 | Dir. | 13.026,26 | 530,27 | 109,81 | 185,58 | 191,08 | 1,11 |
| 108 | Esq. | 27.105,25 | 565,04 | 196,83 | 287,15 | 250,18 | 0,83 |
| 109 | Dir. | 35.945,77 | 791,66 | 96,51 | 457,14 | 261,90 | 0,62 |
| 110 | Esq. | 63.786,16 | 1.435,39 | 140,19 | 558,90 | 272,86 | 0,69 |
| 111 | Dir. | 14.532,19 | 327,76 | 363,96 | 158,87 | 289,06 | 1,64 |
| 112 | Esq. | 39.323,75 | 746,12 | 102,62 | 567,96 | 202,85 | 1,21 |
| 113 | Dir. | 12.681,34 | 792,46 | 126,27 | 1.057,40 | 240,33 | 1,01 |
| 114 | Esq. | 10.028,51 | 1.991,15 | 225,41 | 117,41 | 225,92 | 1,02 |
| 115 | Dir. | 9.672,70 | 494,53 | 58,70 | 781,05 | 228,81 | 1,41 |
| 116 | Esq. | 14.012,78 | 890,03 | 1.247,26 | 32,27 | 1.528,99 | 0,87 |
| 117 | Dir. | 6.026,16 | 1.915,77 | 60,99 | 1.090,47 | 554,64 | 1,58 |
| 118 | Esq. | 14.856,83 | 3.530,08 | 57,74 | 1.535,37 | 760,79 | 0,49 |
| 119 | Dir. | 11.605,41 | 2.721,69 | 79,84 | 1.795,99 | 827,92 | 0,48 |
| 120 | Esq. | 13.713,23 | 697,08 | 35,93 | 596,32 | 524,21 | 1,52 |

| Estaca | Lado | Módulo de Resiliência (MPa) - Camada | | | | | RMS (mc) |
|--------|------|--------------------------------------|----------------|----------------------|----------|-----------|----------|
| | | Revestimento | Base Reciclada | Base Remanescente | Subbase | Subleito | |
| 121 | Dir. | 2.002,39 | 1.781,85 | 45,78 | 1.197,50 | 615,21 | 1,30 |
| 122 | Esq. | 21.822,50 | 1.045,51 | 34,13 | 492,37 | 650,59 | 1,16 |
| 123 | Dir. | 9.857,48 | 1.837,06 | 62,23 | 243,83 | 837,02 | 0,94 |
| 124 | Esq. | 11.760,64 | 582,66 | 21,25 | 566,97 | 473,35 | 1,72 |
| 125 | Dir. | 5.951,94 | 1.178,55 | 43,36 | 198,80 | 538,26 | 1,34 |
| 126 | Esq. | 11.035,83 | 665,39 | 45,26 | 109,97 | 392,42 | 1,14 |
| 127 | Dir. | 9.236,04 | 611,52 | 47,16 | 1.389,28 | 1.067,03 | 1,16 |
| 128 | Esq. | 5.774,03 | 1.125,30 | 88,40 | 56,77 | 408,71 | 0,74 |
| 129 | Dir. | 24.119,70 | 1.347,80 | 46,75 | 1.263,40 | 997,51 | 1,17 |
| 130 | Esq. | 13.937,27 | 2.807,54 | 237,36 | 138,56 | 603,28 | 0,93 |
| 131 | Dir. | 25.864,99 | 2.263,82 | 29,05 | 903,63 | 682,74 | 0,84 |
| 132 | Esq. | 14.895,40 | 2.664,68 | 158,88 | 107,42 | 578,11 | 1,03 |
| 133 | Dir. | 8.702,18 | 1.185,04 | 146,26 | 110,08 | 389,08 | 0,73 |
| 134 | Esq. | 19.947,23 | 1.587,23 | 38,42 | 1.509,48 | 319,26 | 0,62 |
| 135 | Dir. | 15.830,69 | 1.799,53 | 263,05 | 118,69 | 577,73 | 0,88 |
| 136 | Esq. | 22.177,40 | 651,95 | 42,73 | 1.895,44 | 245,07 | 0,94 |
| 137 | Dir. | 10.297,45 | 599,23 | 189,32 | 193,67 | 236,53 | 0,81 |
| 138 | Esq. | 12.221,37 | 1.924,68 | 67,36 | 1.182,94 | 255,06 | 0,57 |
| 139 | Dir. | 10.266,69 | 579,82 | 72,21 | 2.000,88 | 230,64 | 1,90 |
| 140 | Esq. | 35.207,34 | 797,39 | 306,24 | 355,15 | 213,68 | 1,32 |
| 141 | Dir. | 3.561,07 | 866,69 | 328,02 | 126,33 | 250,90 | 1,30 |
| 142 | Esq. | 25.968,57 | 841,65 | 31,98 | 656,02 | 258,34 | 0,76 |
| 143 | Dir. | 2.707,07 | 1.313,51 | 505,87 | 189,01 | 257,25 | 0,87 |
| 144 | Esq. | 7.815,63 | 1.156,12 | 43,91 | 631,62 | 281,34 | 1,07 |
| 145 | Dir. | 6.886,25 | 950,90 | 2.664,96 | 68,50 | 520,45 | 0,35 |
| 146 | Esq. | 4.410,50 | 1.047,77 | 36,25 | 630,27 | 339,32 | 1,38 |
| 147 | Dir. | 10.392,62 | 451,64 | 59,79 | 631,05 | 495,72 | 0,91 |
| 148 | Esq. | 20.144,29 | 1.405,38 | 782,06 | 111,80 | 1.112,26 | 0,66 |
| 149 | Dir. | 7.208,08 | 605,95 | 53,13 | 190,50 | 428,25 | 1,44 |
| 150 | Esq. | 36.454,58 | 1.811,85 | 900,09 | 59,78 | 1.244,43 | 0,32 |
| 151 | Dir. | 8.355,34 | 432,21 | 669,79 | 111,91 | 462,48 | 0,58 |
| 152 | Esq. | 20.596,47 | 955,70 | 35,80 | 350,54 | 274,92 | 1,29 |
| 153 | Dir. | 7.051,37 | 368,78 | 1.953,41 | 39,64 | 428,20 | 0,45 |
| 154 | Esq. | 565.557,89 | 291,92 | 71,64 | 1.552,92 | 435,90 | 1,13 |
| 155 | Dir. | 8.824,29 | 336,32 | 2.441,40 | 46,90 | 721,93 | 0,95 |
| 156 | Esq. | 229.198,90 | 612,59 | 55.153,86 | 11,35 | 13.824,55 | 0,79 |
| 157 | Dir. | 6.941,84 | 840,21 | 344,09 | 237,07 | 351,19 | 1,14 |
| 158 | Esq. | 44.346,64 | 3.690,21 | 1.179,90 | 201,01 | 494,15 | 0,59 |
| 159 | Dir. | 38.937,58 | 844,20 | 572,54 | 90,04 | 411,20 | 1,62 |
| 160 | Esq. | 112.394,41 | 2.155,01 | 1.329,43 | 147,54 | 384,55 | 0,92 |
| 161 | Dir. | 17.274,10 | 604,42 | 504,77 | 53,37 | 196,11 | 1,38 |

ANEXO III – RESULTADOS FASE 4 DE RETROANÁLISE

| | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Estaca 0 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 22,9 | 16,9 | 13,9 | 9,6 | 7,6 | 5,4 | 3,4 |
| Revestimento | 5500,00 | Deflexão Calculada | 23,1 | 16,6 | 13,4 | 10,2 | 7,9 | 5,2 | 3,7 |
| Base Nova | 1108,46 | Diferença Encontrada | 1% | -2% | -4% | 6% | 4% | -4% | 9% |
| Sub-base | 190,07 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 5 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 24,5 | 19,6 | 15,6 | 11,1 | 8,5 | 4,9 | 2,6 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 25,5 | 18,3 | 14,8 | 11,4 | 9 | 5,8 | 3,7 |
| Base Nova | 857,64 | Diferença Encontrada | 4% | -7% | -5% | 3% | 6% | 18% | 42% |
| Sub-base | 71,95 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 14 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 26,3 | 18,3 | 14,2 | 10,1 | 7,6 | 4,6 | 2,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 26,6 | 18 | 13,8 | 10,2 | 7,9 | 5,2 | 3,5 |
| Base Nova | 562,19 | Diferença Encontrada | 1% | -2% | -3% | 1% | 4% | 13% | 40% |
| Sub-base | 158,01 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 15 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 16,8 | 12,2 | 10,3 | 7,9 | 6,4 | 4,4 | 2,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 17 | 12 | 9,9 | 8 | 6,7 | 4,9 | 3,6 |
| Base Nova | 1319,33 | Diferença Encontrada | 1% | -2% | -4% | 1% | 5% | 11% | 44% |
| Sub-base | 425,67 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

| | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Estaca 16 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 25,5 | 17,8 | 13,6 | 9,5 | 7,2 | 4,3 | 2,6 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 25,8 | 17,3 | 13,2 | 9,7 | 7,6 | 5,1 | 3,5 |
| Base Nova | 611,99 | Diferença Encontrada | 1% | -3% | -3% | 2% | 6% | 19% | 35% |
| Sub-base | 187,41 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 17 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 18,6 | 14,3 | 12,3 | 9,6 | 7,7 | 4,7 | 3 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 18,9 | 14,1 | 11,8 | 9,5 | 7,8 | 5,4 | 3,7 |
| Base Nova | 1447,13 | Diferença Encontrada | 2% | -1% | -4% | -1% | 1% | 15% | 23% |
| Sub-base | 121,40 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 18 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 22,7 | 15,9 | 12,6 | 9,2 | 7,1 | 4,5 | 2,8 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 22,9 | 15,6 | 12,2 | 9,3 | 7,4 | 5,1 | 3,5 |
| Base Nova | 777,15 | Diferença Encontrada | 1% | -2% | -3% | 1% | 4% | 13% | 25% |
| Sub-base | 213,21 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 19 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 20,3 | 15,5 | 13,2 | 10 | 8 | 4,9 | 3,1 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 20,7 | 15,2 | 12,6 | 10,1 | 8,2 | 5,5 | 3,7 |
| Base Nova | 1241,52 | Diferença Encontrada | 2% | -2% | -5% | 1% | 2% | 12% | 19% |
| Sub-base | 100,46 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

| | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|-----|-----|-----|------|
| Estaca 22 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 25 | 16,2 | 12 | 8 | 6 | 3,4 | 2,4 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 25,3 | 15,9 | 11,5 | 8,3 | 6,6 | 4,8 | 3,5 |
| Base Nova | 477,49 | Diferença Encontrada | 1% | -2% | -4% | 4% | 10% | 41% | 46% |
| Sub-base | 697,34 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 26 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 17,1 | 13,5 | 11,6 | 9,3 | 7,6 | 5,2 | 3,4 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 17,4 | 13,2 | 11,3 | 9,3 | 7,8 | 5,5 | 3,8 |
| Base Nova | 1843,34 | Diferença Encontrada | 2% | -2% | -3% | 0% | 3% | 6% | 12% |
| Sub-base | 119,78 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 27 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 21,7 | 14,2 | 11 | 8,3 | 6,6 | 4,4 | 3,3 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 21,7 | 14,2 | 10,9 | 8,2 | 6,7 | 4,8 | 3,5 |
| Base Nova | 696,56 | Diferença Encontrada | 0% | 0% | -1% | -1% | 2% | 9% | 6% |
| Sub-base | 521,62 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 28 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 22,2 | 15,8 | 13,1 | 9,6 | 7,6 | 4,4 | 2,8 |
| Revestimento | 5000,00 | Deflexão Calculada | 22,4 | 15,6 | 12,5 | 9,7 | 7,8 | 5,2 | 3,6 |
| Base Nova | 943,79 | Diferença Encontrada | 1% | -1% | -5% | 1% | 3% | 18% | 29% |
| Sub-base | 153,83 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

| | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|-----|------|
| Estaca 37 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 30,5 | 20,4 | 15,8 | 10,6 | 7,9 | 4,6 | 2,7 |
| Revestimento | 5500,00 | Deflexão Calculada | 30,6 | 20,5 | 15,4 | 10,8 | 8 | 5 | 3,5 |
| Base Nova | 543,16 | Diferença Encontrada | 0% | 0% | -3% | 2% | 1% | 9% | 30% |
| Sub-base | 167,77 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 38 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 23,9 | 17,4 | 14,3 | 10,1 | 7,5 | 4,3 | 2,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 24,4 | 17 | 13,4 | 10,2 | 8,1 | 5,3 | 3,6 |
| Base Nova | 789,04 | Diferença Encontrada | 2% | -2% | -6% | 1% | 8% | 23% | 44% |
| Sub-base | 124,88 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 42 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 26,7 | 21,5 | 18,9 | 15 | 12,2 | 8,2 | 5,1 |
| Revestimento | 5500,00 | Deflexão Calculada | 26,5 | 21,6 | 18,9 | 15,3 | 12,3 | 7,7 | 4,9 |
| Base Nova | 2133,73 | Diferença Encontrada | -1% | 0% | 0% | 2% | 1% | -6% | -4% |
| Sub-base | 38,93 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 43 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 23,2 | 16,3 | 12,7 | 9 | 7,1 | 4,6 | 3,1 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 23,5 | 15,9 | 12,4 | 9,3 | 7,4 | 5 | 3,5 |
| Base Nova | 723,84 | Diferença Encontrada | 1% | -2% | -2% | 3% | 4% | 9% | 13% |
| Sub-base | 209,41 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

| | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Estaca 44 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 24 | 17,6 | 14,1 | 10 | 7,7 | 4,6 | 3 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 24,4 | 17,1 | 13,5 | 10,3 | 8,1 | 5,3 | 3,6 |
| Base Nova | 787,74 | Diferença Encontrada | 2% | -3% | -4% | 3% | 5% | 15% | 20% |
| Sub-base | 122,70 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 47 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 28,2 | 19,4 | 14,6 | 9,7 | 7,2 | 4,2 | 2,3 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 28,6 | 18,9 | 14,1 | 10 | 7,7 | 5 | 3,5 |
| Base Nova | 495,77 | Diferença Encontrada | 1% | -3% | -3% | 3% | 7% | 19% | 52% |
| Sub-base | 179,35 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | NÃO |
| Estaca 58 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 22,2 | 16,1 | 12,9 | 9,4 | 7,1 | 4,1 | 2,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 22,6 | 15,6 | 12,4 | 9,5 | 7,6 | 5,1 | 3,5 |
| Base Nova | 837,25 | Diferença Encontrada | 2% | -3% | -4% | 1% | 7% | 24% | 40% |
| Sub-base | 180,88 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 60 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 29,3 | 20,2 | 15,2 | 10,3 | 7,6 | 4,6 | 2,7 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 29,7 | 19,7 | 14,8 | 10,5 | 8 | 5,1 | 3,5 |
| Base Nova | 492,27 | Diferença Encontrada | 1% | -2% | -3% | 2% | 5% | 11% | 30% |
| Sub-base | 142,58 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

| | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Estaca 71 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 26,9 | 18,3 | 14,3 | 10,4 | 8,2 | 5,6 | 4,1 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 26,8 | 18,5 | 14,4 | 10,5 | 8 | 5,1 | 3,6 |
| Base Nova | 750,92 | Diferença Encontrada | 0% | 1% | 1% | 1% | -2% | -9% | -12% |
| Sub-base | 178,09 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 72 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 19,2 | 15 | 12,7 | 9,6 | 7,6 | 4,8 | 3,2 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 19,7 | 14,5 | 12,1 | 9,7 | 7,9 | 5,4 | 3,7 |
| Base Nova | 1343,40 | Diferença Encontrada | 3% | -3% | -5% | 1% | 4% | 13% | 16% |
| Sub-base | 116,02 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 76 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 21,2 | 16,5 | 13,3 | 9,5 | 7,2 | 3,9 | 2 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 21,9 | 15,5 | 12,5 | 9,7 | 7,8 | 5,3 | 2,6 |
| Base Nova | 960,26 | Diferença Encontrada | 3% | -6% | -6% | 2% | 8% | 36% | 30% |
| Sub-base | 147,11 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 80 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 20,1 | 15,7 | 13 | 9,5 | 7,4 | 4,6 | 3 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 20,7 | 15 | 12,3 | 9,7 | 7,9 | 5,4 | 3,7 |
| Base Nova | 1160,19 | Diferença Encontrada | 3% | -4% | -5% | 2% | 7% | 17% | 23% |
| Sub-base | 129,86 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

| | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Estaca 81 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 21,1 | 15 | 12,4 | 9,3 | 7,4 | 5,1 | 3 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 21,2 | 14,9 | 12 | 9,4 | 7,6 | 5,3 | 3,7 |
| Base Nova | 1009,03 | Diferença Encontrada | 0% | -1% | -3% | 1% | 3% | 4% | 23% |
| Sub-base | 197,61 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 85 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 27 | 17 | 12,7 | 8,8 | 6,6 | 4,2 | 2,9 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 27 | 17 | 12,3 | 8,8 | 7 | 4,9 | 3,6 |
| Base Nova | 458,61 | Diferença Encontrada | 0% | 0% | -3% | 0% | 6% | 17% | 24% |
| Sub-base | 525,31 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 87 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 24,7 | 18 | 14,4 | 10,1 | 7,6 | 4,5 | 2,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 25,2 | 17,4 | 13,7 | 10,3 | 8,1 | 5,4 | 3,6 |
| Base Nova | 747,29 | Diferença Encontrada | 2% | -3% | -5% | 2% | 7% | 20% | 44% |
| Sub-base | 136,84 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 88 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 25,8 | 19,7 | 16,3 | 12,2 | 9,6 | 6,2 | 3,9 |
| Revestimento | 5500,00 | Deflexão Calculada | 25,8 | 19,6 | 16,2 | 12,5 | 9,6 | 5,9 | 3,9 |
| Base Nova | 1317,59 | Diferença Encontrada | 0% | -1% | -1% | 2% | 0% | -5% | 0% |
| Sub-base | 86,44 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

| | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|-----|------|
| Estaca 90 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 33,7 | 27,9 | 24,3 | 18,7 | 14,5 | 9 | 6 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 34 | 27,5 | 23,7 | 19 | 15 | 9,1 | 5,4 |
| Base Nova | 1423,19 | Diferença Encontrada | 1% | -1% | -2% | 2% | 3% | 1% | -10% |
| Sub-base | 26,88 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 94 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 18,7 | 13,9 | 11,4 | 8,6 | 6,8 | 4,6 | 2,8 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 19 | 13,5 | 11 | 8,8 | 7,2 | 5,1 | 3,6 |
| Base Nova | 1170,45 | Diferença Encontrada | 2% | -3% | -4% | 2% | 6% | 11% | 29% |
| Sub-base | 238,52 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 95 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 26 | 16,6 | 12,4 | 8,3 | 6,3 | 4 | 2,8 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 26,2 | 16,4 | 11,9 | 8,5 | 6,8 | 4,9 | 3,6 |
| Base Nova | 469,71 | Diferença Encontrada | 1% | -1% | -4% | 2% | 8% | 23% | 29% |
| Sub-base | 647,85 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 99 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 23,6 | 16,9 | 13,5 | 9,4 | 7,2 | 4,1 | 2,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 24 | 16,4 | 12,8 | 9,7 | 7,7 | 5,2 | 3,6 |
| Base Nova | 751,44 | Diferença Encontrada | 2% | -3% | -5% | 3% | 7% | 27% | 44% |
| Sub-base | 190,39 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

| | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|-----|------|------|
| Estaca 104 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 22,5 | 16,1 | 13,5 | 10,2 | 8,4 | 5,9 | 4,4 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 22,3 | 16,4 | 13,5 | 10,4 | 8,2 | 5,3 | 3,7 |
| Base Nova | 1318,78 | Diferença Encontrada | -1% | 2% | 0% | 2% | -2% | -10% | -16% |
| Sub-base | 171,23 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 108 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 22,4 | 16,9 | 13,7 | 9,8 | 7,5 | 5 | 3,4 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 22,7 | 16,4 | 13,3 | 10,2 | 7,8 | 5,2 | 3,7 |
| Base Nova | 1152,08 | Diferença Encontrada | 1% | -3% | -3% | 4% | 4% | 4% | 9% |
| Sub-base | 192,97 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 110 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 14,3 | 11,7 | 10,2 | 8 | 6,5 | 4,5 | 3,3 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 14,7 | 11,2 | 9,7 | 8,2 | 6,9 | 5,1 | 3,7 |
| Base Nova | 2316,76 | Diferença Encontrada | 3% | -4% | -5% | 2% | 6% | 13% | 12% |
| Sub-base | 265,45 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 111 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 29,6 | 20,4 | 15,6 | 10 | 7,2 | 4,3 | 3 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 30,1 | 19,8 | 14,8 | 10,5 | 7,9 | 5,1 | 3,5 |
| Base Nova | 472,42 | Diferença Encontrada | 2% | -3% | -5% | 5% | 10% | 19% | 17% |
| Sub-base | 157,20 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

| | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Estaca 113 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 21,7 | 15,5 | 12,3 | 8,9 | 7,2 | 5,1 | 3,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 21,8 | 15,3 | 12,1 | 9,2 | 7,4 | 5 | 3,7 |
| Base Nova | 989,93 | Diferença Encontrada | 0% | -1% | -2% | 3% | 3% | -2% | 6% |
| Sub-base | 311,23 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 128 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 26,9 | 19,7 | 16 | 11,5 | 8,5 | 4,5 | 2,3 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 27,5 | 19,2 | 15,2 | 11,4 | 8,9 | 5,7 | 3,7 |
| Base Nova | 717,37 | Diferença Encontrada | 2% | -3% | -5% | -1% | 5% | 27% | 61% |
| Sub-base | 90,68 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | NÃO |
| Estaca 134 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 17,8 | 13,9 | 11,6 | 8,8 | 7 | 4,5 | 2,8 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 18,2 | 13,3 | 11,1 | 8,9 | 7,4 | 5,2 | 3,6 |
| Base Nova | 1402,59 | Diferença Encontrada | 2% | -4% | -4% | 1% | 6% | 16% | 29% |
| Sub-base | 190,47 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 136 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 24,9 | 18,8 | 15,3 | 10,9 | 8,2 | 5,2 | 3,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 25,2 | 18,4 | 14,9 | 11,2 | 8,6 | 5,4 | 3,7 |
| Base Nova | 1060,29 | Diferença Encontrada | 1% | -2% | -3% | 3% | 5% | 4% | 6% |
| Sub-base | 133,60 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

| | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Estaca 137 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 27,7 | 19,6 | 15,4 | 10,9 | 8,4 | 5,4 | 3,7 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 27,8 | 19,5 | 15,2 | 11,1 | 8,4 | 5,3 | 3,7 |
| Base Nova | 773,82 | Diferença Encontrada | 0% | -1% | -1% | 2% | 0% | -2% | 0% |
| Sub-base | 154,93 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 138 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 17,4 | 13,5 | 11,5 | 9 | 7,4 | 5,1 | 3,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 17,5 | 13,4 | 11,3 | 9,2 | 7,5 | 5,2 | 3,8 |
| Base Nova | 2142,52 | Diferença Encontrada | 1% | -1% | -2% | 2% | 1% | 2% | 9% |
| Sub-base | 273,08 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 139 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 26,9 | 18,6 | 14,6 | 9,9 | 7,8 | 5,4 | 3,6 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 27 | 18,5 | 14,2 | 10,4 | 7,9 | 5,1 | 3,6 |
| Base Nova | 699,85 | Diferença Encontrada | 0% | -1% | -3% | 5% | 1% | -6% | 0% |
| Sub-base | 204,99 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 140 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 19,6 | 15,3 | 13,1 | 9,9 | 8,1 | 5,6 | 4,2 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 19,7 | 15,2 | 12,8 | 10,2 | 8,2 | 5,5 | 3,8 |
| Base Nova | 2004,26 | Diferença Encontrada | 1% | -1% | -2% | 3% | 1% | -2% | -10% |
| Sub-base | 163,06 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

| | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| Estaca 141 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 27,3 | 18,7 | 15,1 | 10,9 | 8,5 | 5,3 | 3,6 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 27,2 | 19,1 | 14,9 | 10,9 | 8,3 | 5,2 | 3,7 |
| Base Nova | 789,20 | Diferença Encontrada | 0% | 2% | -1% | 0% | -2% | -2% | 3% |
| Sub-base | 162,23 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 142 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 24,3 | 19,2 | 15,8 | 11,6 | 9 | 5,4 | 3,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 24,7 | 18,6 | 15,4 | 11,9 | 9,2 | 5,8 | 3,9 |
| Base Nova | 1341,93 | Diferença Encontrada | 2% | -3% | -3% | 3% | 2% | 7% | 11% |
| Sub-base | 103,71 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 143 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 22,4 | 15,6 | 12,8 | 9,7 | 7,9 | 5,2 | 3,4 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 22,4 | 15,7 | 12,6 | 9,8 | 7,8 | 5,3 | 3,7 |
| Base Nova | 933,51 | Diferença Encontrada | 0% | 1% | -2% | 1% | -1% | 2% | 9% |
| Sub-base | 161,79 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 144 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 23,2 | 17 | 13,8 | 10,1 | 7,8 | 5 | 3 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 23,5 | 16,6 | 13,3 | 10,3 | 8,1 | 5,4 | 3,6 |
| Base Nova | 884,85 | Diferença Encontrada | 1% | -2% | -4% | 2% | 4% | 8% | 20% |
| Sub-base | 120,55 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

| | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|-----|------|
| Estaca 146 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 25,3 | 17,6 | 14,1 | 9,7 | 7,2 | 4,8 | 2,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 25,6 | 17,4 | 13,4 | 10 | 7,8 | 5,2 | 3,5 |
| Base Nova | 663,31 | Diferença Encontrada | 1% | -1% | -5% | 3% | 8% | 8% | 40% |
| Sub-base | 163,25 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 152 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 24,9 | 19,4 | 15,9 | 11,6 | 9,1 | 5,6 | 3,3 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 25,3 | 18,9 | 15,5 | 11,9 | 9,3 | 5,8 | 4 |
| Base Nova | 1298,06 | Diferença Encontrada | 2% | -3% | -3% | 3% | 2% | 4% | 21% |
| Sub-base | 122,09 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 153 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 32,8 | 21,7 | 15,9 | 10,9 | 7,9 | 4,6 | 2,5 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 32,8 | 21,6 | 15,9 | 10,9 | 8 | 5 | 3,6 |
| Base Nova | 439,66 | Diferença Encontrada | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | 9% | 44% |
| Sub-base | 189,57 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
| Estaca 161 | | | | | | | | | |
| Camada | Módulo de Resiliência (MPa) | | D0 | D20 | D30 | D45 | D60 | D90 | D125 |
| | | Deflexão Média Real | 30,5 | 23,7 | 19,8 | 14,8 | 11,9 | 7,7 | 4,8 |
| Revestimento | 6000,00 | Deflexão Calculada | 30,4 | 23,6 | 19,8 | 15,4 | 11,9 | 7 | 4,3 |
| Base Nova | 1260,74 | Diferença Encontrada | 0% | 0% | 0% | 4% | 0% | -9% | -10% |
| Sub-base | 48,60 | Diferença Limite | 5% | 10% | 10% | 20% | 20% | 50% | 50% |
| Subleito | 250,00 | Situação | OK | OK | OK | OK | OK | OK | OK |

ANEXO IV – LEVANTAMENTO DE DADOS DE AFUNDAMENTO
DE TRILHA DE RODA (TRELIÇA - 2010)

2010 LE Trelça

| Km | Km | TR (mm) |
|----------|--------|------------|
| 23 + 616 | | 0 |
| 23 + 648 | | 0 |
| 23 + 680 | 212180 | 0 |
| 23 + 712 | | 0 |
| 23 + 744 | | 0 |
| 23 + 776 | | 0 |
| 23 + 808 | | 0 |
| 23 + 840 | 212340 | 2 |
| 23 + 872 | | 0 |
| 23 + 904 | | 0 |
| 23 + 936 | | 0 |
| 23 + 968 | | 0 |
| 24 + 000 | 212500 | 0 |
| 24 + 032 | | 0 |
| 24 + 040 | 212540 | 1 |
| 24 + 064 | | 0 |
| 24 + 096 | | 0 |
| 24 + 128 | | 0 |
| 24 + 160 | 212660 | 0 |
| 24 + 192 | | 0 |
| 24 + 224 | | 0 |
| 24 + 256 | | 0 |
| 24 + 288 | | 0 |
| 24 + 320 | 212820 | 0 |
| 24 + 352 | | 0 |
| 24 + 370 | | 1 |
| 24 + 384 | | 3 |
| 24 + 416 | | 1 |
| 24 + 448 | | 1 |
| 24 + 480 | 212980 | 1 |
| 24 + 500 | 213000 | 1 |

2010 LE Trelça

| Km | Km | TR (mm) |
|----------|--------|------------|
| 24 + 512 | | 0 |
| 24 + 544 | | 1 |
| 24 + 576 | | 0 |
| 24 + 590 | | 1 |
| 24 + 608 | | 0 |
| 24 + 640 | 213140 | 1 |
| 24 + 672 | | 0 |
| 24 + 704 | | 1 |
| 24 + 736 | | 0 |
| 24 + 750 | | 0 |
| 24 + 768 | | 0 |
| 24 + 800 | 213300 | 0 |
| 24 + 820 | 213320 | 1 |
| 24 + 832 | | 1 |
| 24 + 864 | | 0 |
| 24 + 880 | 213380 | 1 |
| 24 + 896 | | 1 |
| 24 + 928 | | 0 |
| 24 + 960 | 213460 | 0 |
| 24 + 992 | | 0 |
| 25 + 024 | | 0 |
| 25 + 056 | | 0 |
| 25 + 088 | | 0 |
| 25 + 120 | 213620 | 0 |
| 25 + 152 | | 0 |
| 25 + 170 | | 1 |
| 25 + 184 | | 0 |
| 25 + 216 | | 0 |
| 25 + 300 | 213800 | 2 |
| 25 + 500 | 214000 | 0 |
| 25 + 700 | | 1 |

2010 LD Trelia

| Estaca | Km | TR |
|-----------------|---------------|----------|
| | | (mm) |
| 23 + 600 | | 0 |
| 23 + 600 | 212100 | 0 |
| 23 + 632 | | 0 |
| 23 + 664 | | 0 |
| 23 + 696 | | 0 |
| 23 + 728 | | 0 |
| 23 + 760 | 212260 | 0 |
| 23 + 792 | | 0 |
| 23 + 800 | 212300 | 0 |
| 23 + 824 | | 0 |
| 23 + 856 | | 0 |
| 23 + 888 | | 0 |
| 23 + 920 | 212420 | 1 |
| 23 + 952 | | 0 |
| 23 + 984 | | 0 |
| 24 + 000 | 212500 | 0 |
| 24 + 016 | | 0 |
| 24 + 030 | | 0 |
| 24 + 048 | | 0 |
| 24 + 080 | 212580 | 1 |
| 24 + 100 | 212600 | 0 |
| 24 + 112 | | 0 |
| 24 + 120 | 212620 | 1 |
| 24 + 144 | | 2 |
| 24 + 176 | | 0 |
| 24 + 208 | | 0 |
| 24 + 240 | 212740 | 0 |
| 24 + 272 | | 0 |
| 24 + 280 | 212780 | 0 |
| 24 + 304 | | 1 |
| 24 + 336 | | 1 |
| 24 + 368 | | 1 |
| 24 + 400 | 212900 | 2 |
| 24 + 432 | | 1 |
| 24 + 464 | | 0 |
| 24 + 496 | | 0 |

2010 LD Trelia

| Estaca | Km | TR |
|-----------------|---------------|----------|
| | | (mm) |
| 24 + 510 | | 0 |
| 24 + 528 | | 1 |
| 24 + 560 | 213060 | 0 |
| 24 + 592 | | 1 |
| 24 + 600 | 213100 | 0 |
| 24 + 624 | | 0 |
| 24 + 636 | | 1 |
| 24 + 656 | | 0 |
| 24 + 670 | | 0 |
| 24 + 680 | 213180 | 0 |
| 24 + 688 | | 1 |
| 24 + 700 | 213200 | 1 |
| 24 + 720 | 213220 | 1 |
| 24 + 730 | | 1 |
| 24 + 752 | | 1 |
| 24 + 784 | | 0 |
| 24 + 816 | | 1 |
| 24 + 848 | | 2 |
| 24 + 880 | 213380 | 1 |
| 24 + 896 | | 1 |
| 24 + 912 | | 1 |
| 24 + 944 | | 0 |
| 24 + 976 | | 0 |
| 24 + 980 | 213480 | 0 |
| 24 + 985 | | 2 |
| 25 + 008 | | 0 |
| 25 + 030 | | 0 |
| 25 + 040 | 213540 | 1 |
| 25 + 072 | | 0 |
| 25 + 104 | | 2 |
| 25 + 136 | | 1 |
| 25 + 168 | | 0 |
| 25 + 200 | 213700 | 1 |
| 25 + 300 | 213800 | 0 |
| 25 + 400 | 213900 | 0 |
| 25 + 500 | 214000 | 0 |

ANEXO V – LEVANTAMENTO DE DADOS DE AFUNDAMENTO
DE TRILHA DE RODA (DEINFRA - 2012)

2012 - LE (DEINFRA)

| Estaca | Km | ATR (mm) |
|--------|---------|----------|
| 0 | 111+816 | 1,3 |
| 1 | 111+806 | 2,6 |
| 2 | 111+796 | 3,1 |
| 3 | 111+786 | 0,3 |
| 4 | 111+777 | 1,2 |
| 5 | 111+768 | 1 |
| 6 | 111+758 | 0,9 |
| 7 | 111+748 | 1,7 |
| 8 | 111+738 | 1,9 |
| 9 | 111+728 | 1,7 |
| 10 | 111+718 | 2,6 |
| 11 | 111+708 | 2,9 |
| 12 | 111+699 | 1,9 |
| 13 | 111+689 | 4,2 |
| 14 | 111+679 | 0,9 |
| 15 | 111+669 | 1,7 |
| 16 | 111+659 | 2,4 |
| 17 | 111+649 | 2,3 |
| 18 | 111+639 | 1,7 |
| 19 | 111+629 | 1,5 |
| 20 | 111+620 | 2,4 |
| 21 | 111+610 | 1,8 |
| 22 | 111+600 | 1,9 |
| 23 | 111+590 | 2,1 |
| 24 | 111+580 | 2,2 |
| 25 | 111+571 | 2,3 |
| 26 | 111+561 | 2,5 |
| 27 | 111+551 | 2,7 |
| 28 | 111+541 | 2 |
| 29 | 111+531 | 2,5 |
| 30 | 111+521 | 1,4 |
| 31 | 111+511 | 3,1 |
| 32 | 111+502 | 2,2 |
| 33 | 111+493 | 3 |
| 34 | 111+483 | 3,5 |
| 35 | 111+473 | 2,7 |
| 36 | 111+463 | 1,9 |
| 37 | 111+453 | 2,8 |
| 38 | 111+443 | 2,2 |
| 39 | 111+433 | 1,8 |
| 40 | 111+424 | 2,9 |

2012 - LE (DEINFRA)

| Estaca | Km | ATR (mm) |
|--------|---------|----------|
| 41 | 111+414 | 2,6 |
| 42 | 111+403 | 2,4 |
| 43 | 111+393 | 1,9 |
| 44 | 111+383 | 1,1 |
| 45 | 111+373 | 2,1 |
| 46 | 111+364 | 3 |
| 47 | 111+354 | 4,9 |
| 48 | 111+344 | 1,8 |
| 49 | 111+334 | 4,1 |
| 50 | 111+324 | 1,5 |
| 51 | 111+315 | 1,4 |
| 52 | 111+305 | 2,6 |
| 53 | 111+296 | 2,8 |
| 54 | 111+286 | 3,9 |
| 55 | 111+276 | 5,2 |
| 56 | 111+266 | 4,9 |
| 57 | 111+256 | 3,8 |
| 58 | 111+247 | 3,6 |
| 59 | 111+238 | 2,5 |
| 60 | 111+229 | 1,9 |
| 61 | 111+220 | 3,8 |
| 62 | 111+210 | 4,4 |
| 63 | 111+200 | 3,1 |
| 64 | 111+191 | 3,2 |
| 65 | 111+182 | 2,4 |
| 66 | 111+172 | 1,8 |
| 67 | 111+163 | 1,9 |
| 68 | 111+154 | 2,3 |
| 69 | 111+144 | 2,9 |
| 70 | 111+134 | 1,9 |
| 71 | 111+124 | 1,8 |
| 72 | 111+115 | 2,3 |
| 73 | 111+105 | 2 |
| 74 | 111+095 | 3,3 |
| 75 | 111+086 | 4 |
| 76 | 111+076 | 2 |
| 77 | 111+066 | 2,1 |
| 78 | 111+056 | 1 |
| 79 | 111+046 | 0,7 |
| 80 | 111+037 | 2,1 |
| 81 | 111+027 | 2,8 |

| 2012 - LE (DEINFRA) | | |
|---------------------|---------|----------|
| Estaca | Km | ATR (mm) |
| 82 | 111+017 | 2 |
| 83 | 111+007 | 1,7 |
| 84 | 110+997 | 3,4 |
| 85 | 110+987 | 3,2 |
| 86 | 110+977 | 3,9 |
| 87 | 110+967 | 2,2 |
| 88 | 110+957 | 1,9 |
| 89 | 110+947 | 3,7 |
| 90 | 110+937 | 3,1 |
| 91 | 110+928 | 4,3 |
| 92 | 110+918 | 4,5 |
| 93 | 110+908 | 5,7 |
| 94 | 110+897 | 6 |
| 95 | 110+887 | 4,9 |
| 96 | 110+877 | 4,8 |
| 97 | 110+866 | 4,5 |
| 98 | 110+856 | 4,6 |
| 99 | 110+846 | 4,4 |
| 100 | 110+837 | 4,5 |
| 101 | 110+826 | 2,3 |
| 102 | 110+816 | 4 |
| 103 | 110+806 | 2,6 |
| 104 | 110+796 | 3,3 |
| 105 | 110+786 | 3,9 |
| 106 | 110+776 | 5,3 |
| 107 | 110+766 | 3,7 |
| 108 | 110+757 | 3,8 |
| 109 | 110+747 | 2,9 |
| 110 | 110+736 | 3,8 |
| 111 | 110+726 | 3,5 |
| 112 | 110+717 | 2 |
| 113 | 110+707 | 3,4 |
| 114 | 110+697 | 5,4 |
| 115 | 110+688 | 4,6 |
| 116 | 110+678 | 4,7 |
| 117 | 110+667 | 4,3 |
| 118 | 110+657 | 4,5 |

| 2012 - LE (DEINFRA) | | |
|---------------------|---------|----------|
| Estaca | Km | ATR (mm) |
| 119 | 110+648 | 4,1 |
| 120 | 110+638 | 4,8 |
| 121 | 110+628 | 3,4 |
| 122 | 110+618 | 3,8 |
| 123 | 110+608 | 4,3 |
| 124 | 110+598 | 4,3 |
| 125 | 110+588 | 3,2 |
| 126 | 110+578 | 3 |
| 127 | 110+568 | 3 |
| 128 | 110+559 | 3,4 |
| 129 | 110+549 | 3,1 |
| 130 | 110+539 | 3,4 |
| 131 | 110+529 | 3,5 |
| 132 | 110+519 | 3,5 |
| 133 | 110+509 | 1,2 |
| 134 | 110+499 | 3,4 |
| 135 | 110+489 | 0,5 |
| 136 | 110+480 | 3 |
| 137 | 110+470 | 2,7 |
| 138 | 110+460 | 3,5 |
| 139 | 110+450 | 4 |
| 140 | 110+440 | 3,7 |
| 141 | 110+430 | 3,4 |
| 142 | 110+421 | 3,7 |
| 143 | 110+411 | 4,1 |
| 144 | 110+402 | 2,9 |
| 145 | 110+391 | 3,3 |
| 146 | 110+382 | 3,4 |
| 147 | 110+372 | 3,4 |
| 148 | 110+362 | 3,4 |
| 149 | 110+353 | 3,3 |
| 150 | 110+343 | 4,6 |
| 151 | 110+334 | 5,6 |
| 152 | 110+323 | 5,1 |
| 153 | 110+314 | 4,3 |
| 154 | 110+304 | 3,9 |
| 155 | 110+294 | 2,9 |

ANEXO VI - LEVANTAMENTO DE DADOS DE AFUNDAMENTO
DE TRILHA DE RODA (TRELIÇA - 2012)

2012 - LD (DEINFRA)

| Estaca | Km | ATR (mm) |
|--------|---------|----------|
| 0 | 110+293 | 2,6 |
| 1 | 110+303 | 2,4 |
| 2 | 110+313 | 2,3 |
| 3 | 110+323 | 1,4 |
| 4 | 110+333 | 1,4 |
| 5 | 110+342 | 1,6 |
| 6 | 110+352 | 1,5 |
| 7 | 110+362 | 0,8 |
| 8 | 110+372 | 0,7 |
| 9 | 110+381 | 0,8 |
| 10 | 110+391 | 1 |
| 11 | 110+401 | 0,7 |
| 12 | 110+411 | 1 |
| 13 | 110+421 | 2,3 |
| 14 | 110+431 | 1,4 |
| 15 | 110+440 | 1,6 |
| 16 | 110+450 | 2,2 |
| 17 | 110+460 | 0,9 |
| 18 | 110+470 | 1,5 |
| 19 | 110+480 | 2,6 |
| 20 | 110+490 | 2,7 |
| 21 | 110+500 | 2,8 |
| 22 | 110+510 | 2,3 |
| 23 | 110+520 | 1,2 |
| 24 | 110+529 | 1,9 |
| 25 | 110+539 | 1,4 |
| 26 | 110+549 | 1,1 |
| 27 | 110+559 | 1,4 |
| 28 | 110+569 | 1,7 |
| 29 | 110+579 | 2,1 |
| 30 | 110+589 | 1,7 |
| 31 | 110+599 | 2,6 |
| 32 | 110+609 | 2,5 |
| 33 | 110+618 | 3 |
| 34 | 110+628 | 3,3 |
| 35 | 110+638 | 3,3 |
| 36 | 110+648 | 2,8 |
| 37 | 110+657 | 2,4 |
| 38 | 110+667 | 2,3 |
| 39 | 110+677 | 2,1 |
| 40 | 110+687 | 2,6 |

2012 - LD (DEINFRA)

| Estaca | Km | ATR (mm) |
|--------|---------|----------|
| 41 | 110+696 | 3,1 |
| 42 | 110+706 | 3,4 |
| 43 | 110+716 | 1,1 |
| 44 | 110+726 | 2,1 |
| 45 | 110+736 | 2 |
| 46 | 110+745 | 2,3 |
| 47 | 110+755 | 1,4 |
| 48 | 110+765 | 1,3 |
| 49 | 110+775 | 1,6 |
| 50 | 110+785 | 0,8 |
| 51 | 110+795 | 1,4 |
| 52 | 110+805 | 2,1 |
| 53 | 110+815 | 1,8 |
| 54 | 110+825 | 2,6 |
| 55 | 110+835 | 2,5 |
| 56 | 110+845 | 1,9 |
| 57 | 110+855 | 2,2 |
| 58 | 110+865 | 1,3 |
| 59 | 110+875 | 1,4 |
| 60 | 110+885 | 1,7 |
| 61 | 110+895 | 1,9 |
| 62 | 110+905 | 2,2 |
| 63 | 110+915 | 0,8 |
| 64 | 110+925 | 1 |
| 65 | 110+934 | 2 |
| 66 | 110+944 | 0,9 |
| 67 | 110+954 | 1 |
| 68 | 110+964 | 1,2 |
| 69 | 110+974 | 1,4 |
| 70 | 110+984 | 0,7 |
| 71 | 110+994 | 1 |
| 72 | 111+004 | 2 |
| 73 | 111+013 | 2,2 |
| 74 | 111+023 | 2 |
| 75 | 111+033 | 1,6 |
| 76 | 111+042 | 1,3 |
| 77 | 111+052 | 1,3 |
| 78 | 111+062 | 3,3 |
| 79 | 111+072 | 5 |
| 80 | 111+081 | 4,7 |
| 81 | 111+091 | 1,5 |

2012 - LD (DEINFRA)

| Estaca | Km | ATR (mm) |
|--------|---------|----------|
| 82 | 111+101 | 1,7 |
| 83 | 111+111 | 2,5 |
| 84 | 111+121 | 2,6 |
| 85 | 111+130 | 2 |
| 86 | 111+140 | 2,1 |
| 87 | 111+150 | 2,5 |
| 88 | 111+160 | 2,3 |
| 89 | 111+170 | 1,3 |
| 90 | 111+180 | 0,5 |
| 91 | 111+190 | 0,4 |
| 92 | 111+200 | 0,5 |
| 93 | 111+210 | 0,6 |
| 94 | 111+220 | 1 |
| 95 | 111+229 | 0,5 |
| 96 | 111+239 | 0 |
| 97 | 111+249 | 0,5 |
| 98 | 111+259 | 0,8 |
| 99 | 111+269 | 0,8 |
| 100 | 111+279 | 1,2 |
| 101 | 111+289 | 4,3 |
| 102 | 111+299 | 0 |
| 103 | 111+309 | 0,2 |
| 104 | 111+319 | 0,7 |
| 105 | 111+329 | 1,1 |
| 106 | 111+339 | 1,7 |
| 107 | 111+349 | 1,3 |
| 108 | 111+358 | 1,7 |
| 109 | 111+368 | 1,6 |
| 110 | 111+377 | 2,3 |
| 111 | 111+387 | 2,2 |
| 112 | 111+396 | 2,2 |
| 113 | 111+406 | 1,7 |
| 114 | 111+415 | 2,1 |
| 115 | 111+425 | 2 |
| 116 | 111+435 | 0,7 |
| 117 | 111+445 | 1 |
| 118 | 111+454 | 0,9 |

2012 - LD (DEINFRA)

| Estaca | Km | ATR (mm) |
|--------|---------|----------|
| 119 | 111+464 | 1 |
| 120 | 111+474 | 1,8 |
| 121 | 111+484 | 2 |
| 122 | 111+494 | 3 |
| 123 | 111+504 | 3,5 |
| 124 | 111+514 | 3 |
| 125 | 111+524 | 2,4 |
| 126 | 111+534 | 1,5 |
| 127 | 111+544 | 0,8 |
| 128 | 111+554 | 1,6 |
| 129 | 111+564 | 2,1 |
| 130 | 111+574 | 0,9 |
| 131 | 111+584 | 1,5 |
| 132 | 111+595 | 2,1 |
| 133 | 111+605 | 4,2 |
| 134 | 111+615 | 2,8 |
| 135 | 111+625 | 3 |
| 136 | 111+636 | 3,4 |
| 137 | 111+646 | 4,6 |
| 138 | 111+656 | 4,5 |
| 139 | 111+666 | 6 |
| 140 | 111+676 | 3,2 |
| 141 | 111+686 | 0 |
| 142 | 111+696 | 5,8 |
| 143 | 111+706 | 2,5 |
| 144 | 111+717 | 1,7 |
| 145 | 111+726 | 3,5 |
| 146 | 111+736 | 1,3 |
| 147 | 111+746 | 2,3 |
| 148 | 111+756 | 0,6 |
| 149 | 111+765 | 0,4 |
| 150 | 111+775 | 1,2 |
| 151 | 111+785 | 3 |
| 152 | 111+795 | 3,4 |
| 153 | 111+804 | 4,3 |
| 154 | 111+814 | 0 |
| 155 | 111+824 | 0,9 |

ANEXO VII – LEVANTAMENTO DE AFUNDAMENTO DE
TRILHA DE RODA (2012 – TRELIÇA)

2012 - LE Trelia

| Km | Km | TR (mm) |
|-----------------|---------------|------------|
| 23 + 600 | 212100 | 0 |
| 23 + 616 | | 0 |
| 23 + 648 | 212140 | 0 |
| 23 + 680 | 212180 | 0 |
| 23 + 700 | 212200 | 0 |
| 23 + 712 | | 0 |
| 23 + 744 | | 0 |
| 23 + 776 | | 0 |
| 23 + 808 | | 0 |
| 23 + 840 | 212340 | 2 |
| 23 + 872 | | 0 |
| 23 + 904 | | 0 |
| 23 + 936 | | 0 |
| 23 + 968 | | 0 |
| 24 + 000 | 212500 | 0 |
| 24 + 032 | | 0 |
| 24 + 040 | 212540 | 0 |
| 24 + 064 | | 0 |
| 24 + 096 | | 0 |
| 24 + 128 | | 0 |
| 24 + 160 | 212660 | 0 |
| 24 + 192 | | 0 |
| 24 + 224 | | 0 |
| 24 + 256 | | 0 |
| 24 + 288 | | 0 |
| 24 + 320 | 212820 | 0 |
| 24 + 352 | | 0 |
| 24 + 370 | | 1 |
| 24 + 384 | | 3 |
| 24 + 416 | | 1 |

2012 - LE Trelia

| Km | Km | TR (mm) |
|-----------------|--------|------------|
| 24 + 448 | | 1 |
| 24 + 480 | 212980 | 2 |
| 24 + 500 | 213000 | 1 |
| 24 + 512 | | 0 |
| 24 + 544 | | 1 |
| 24 + 576 | | 0 |
| 24 + 590 | | 0 |
| 24 + 608 | | 0 |
| 24 + 640 | 213140 | 1 |
| 24 + 672 | | 0 |
| 24 + 704 | | 1 |
| 24 + 736 | | 0 |
| 24 + 750 | | 0 |
| 24 + 768 | | 0 |
| 24 + 800 | 213300 | 0 |
| 24 + 820 | 213320 | 1 |
| 24 + 832 | | 1 |
| 24 + 864 | | 0 |
| 24 + 880 | 213380 | 1 |
| 24 + 896 | | 1 |
| 24 + 928 | | 0 |
| 24 + 960 | 213460 | 0 |
| 24 + 992 | | 0 |
| 25 + 024 | | 0 |
| 25 + 056 | | 0 |
| 25 + 088 | | 0 |
| 25 + 120 | 213620 | 0 |
| 25 + 152 | | 0 |
| 25 + 184 | | 0 |
| 25 + 200 | 213700 | 0 |

2012 - LD Trelça

| Km | Km | TR (mm) |
|-----------------|---------------|------------|
| 23 + 600 | 212100 | 0 |
| 23 + 632 | | 0 |
| 23 + 664 | | 0 |
| 23 + 696 | | 1 |
| 23 + 728 | | 0 |
| 23 + 760 | 212260 | 1 |
| 23 + 792 | | 0 |
| 23 + 824 | | 0 |
| 23 + 856 | | 0 |
| 23 + 888 | | 0 |
| 23 + 920 | 212420 | 2 |
| 23 + 952 | | 1 |
| 23 + 984 | | 0 |
| 24 + 000 | 212500 | 0 |
| 24 + 016 | | 0 |
| 24 + 030 | | 0 |
| 24 + 048 | | 0 |
| 24 + 080 | 212580 | 1 |
| 24 + 100 | 212600 | 1 |
| 24 + 112 | | 0 |
| 24 + 144 | | 2 |
| 24 + 176 | | 0 |
| 24 + 208 | | 0 |
| 24 + 240 | 212740 | 0 |
| 24 + 272 | | 0 |
| 24 + 280 | 212780 | 0 |
| 24 + 304 | | 1 |
| 24 + 336 | | 1 |
| 24 + 368 | | 0 |
| 24 + 400 | 212900 | 2 |
| 24 + 432 | | 1 |
| 24 + 464 | 212960 | 0 |
| 24 + 496 | | 0 |
| 24 + 510 | | 0 |

2012 - LD Trelça

| Km | Km | TR (mm) |
|-----------------|---------------|------------|
| 24 + 528 | | 2 |
| 24 + 560 | 213060 | 0 |
| 24 + 592 | | 1 |
| 24 + 600 | 213100 | 0 |
| 24 + 624 | | 0 |
| 24 + 636 | | 2 |
| 24 + 656 | | 0 |
| 24 + 670 | | 0 |
| 24 + 680 | 213180 | 0 |
| 24 + 688 | | 1 |
| 24 + 700 | 213200 | 1 |
| 24 + 720 | 213220 | 1 |
| 24 + 730 | | 1 |
| 24 + 752 | | 2 |
| 24 + 784 | | 0 |
| 24 + 816 | | 1 |
| 24 + 826 | | 0 |
| 24 + 848 | | 2 |
| 24 + 880 | 213380 | 2 |
| 24 + 996 | | 1 |
| 24 + 912 | | 1 |
| 24 + 944 | | 0 |
| 24 + 976 | | 0 |
| 24 + 980 | 213480 | 0 |
| 24 + 985 | | 4 |
| 25 + 008 | | 0 |
| 25 + 030 | | 0 |
| 25 + 040 | 213540 | 1 |
| 25 + 072 | | 0 |
| 25 + 104 | | 4 |
| 25 + 136 | | 1 |
| 25 + 168 | | 0 |
| 25 + 200 | 213680 | 1 |

ANEXO VIII – LEVANTAMENTO DE AFUNDAMENTO DE
TRILHA DE RODA (2014 – COPPE)

2014 - LE (COPPE)

| ESTACA / m | ATR |
|---------------|---------------------------|
| | Trilha Externa (mm) |
| 0 | 0 |
| 20 | 1,1 |
| 40 | 0,6 |
| 60 | 0 |
| 80 | 0,3 |
| 100 | 0,5 |
| 120 | 0 |
| 140 | 0,5 |
| 160 | 0,4 |
| 180 | 0 |
| 200 | 0,6 |
| 220 | 0,8 |
| 240 | 0,8 |
| 260 | 1,7 |
| 280 | 0,5 |
| 300 | 0,2 |
| 320 | 0,6 |
| 340 | 1 |
| 360 | 1,5 |
| 380 | 0,8 |
| 400 | 0,6 |
| 420 | 0,9 |
| 440 | 0,5 |
| 460 | 0,4 |
| 480 | 1,1 |
| 500 | 1,3 |
| 520 | 2,1 |
| 540 | 0,7 |
| 560 | 1 |
| 580 | 0,5 |
| 600 | 0,5 |

2014 - LE (COPPE)

| ESTACA / m | ATR |
|---------------|---------------------------|
| | Trilha Externa (mm) |
| 620 | 1,5 |
| 640 | 0,6 |
| 660 | 0,7 |
| 680 | 1,1 |
| 700 | 0,9 |
| 720 | 0,2 |
| 740 | 0,8 |
| 760 | 1,3 |
| 780 | 1,2 |
| 800 | 0,6 |
| 820 | 0,6 |
| 840 | 0 |
| 860 | 0,4 |
| 880 | 0,7 |
| 900 | 0,5 |
| 920 | 0,7 |
| 940 | 0,7 |
| 960 | 0,5 |
| 980 | 0 |
| 1000 | 0,6 |
| 1020 | 0 |
| 1040 | 1 |
| 1060 | 0 |
| 1080 | 0,2 |
| 1100 | 0 |
| 1120 | 0 |
| 1140 | 0 |
| 1160 | 0 |
| 1180 | 0 |
| 1200 | 0 |

2014 - LE (COPPE)

| ESTACA / m | ATR |
|---------------|---------------------------|
| | Trilha Externa (mm) |
| 1220 | 0 |
| 1240 | 1,1 |
| 1260 | 0,8 |
| 1280 | 0,4 |
| 1300 | 0,4 |
| 1320 | 0,9 |
| 1340 | 0 |
| 1360 | 0 |
| 1380 | 0 |
| 1400 | 0,6 |
| 1420 | 0,6 |
| 1440 | 0 |
| 1460 | 0 |
| 1480 | 0 |
| 1500 | 0,4 |
| 1520 | 0 |
| 1540 | 0,4 |
| 1560 | 0,8 |
| 1580 | 0,7 |
| 1600 | 1,1 |
| 1620 | 1,7 |
| 1640 | 1,9 |
| 1660 | 1 |
| 1680 | 0,4 |
| 1700 | 0,9 |
| 1720 | 1 |
| 1740 | 0,4 |
| 1760 | 0,2 |
| 1780 | 0,1 |
| 1800 | 0 |

2014 - LD (COPPE)

| ESTACA / m | ATR |
|------------|---------------------|
| | Trilha Externa (mm) |
| 1800 | 0,5 |
| 1780 | 0,4 |
| 1760 | 0 |
| 1740 | 0,6 |
| 1720 | 0,8 |
| 1700 | 0 |
| 1680 | 0 |
| 1660 | 2,1 |
| 1640 | 1,1 |
| 1620 | 1,1 |
| 1600 | 0,7 |
| 1580 | 0,6 |
| 1560 | 0 |
| 1540 | 0,4 |
| 1520 | 0,4 |
| 1500 | 1,4 |
| 1480 | 0,9 |
| 1460 | 0,9 |
| 1440 | 0,4 |
| 1420 | 0,7 |
| 1400 | 0,3 |
| 1380 | 0,9 |
| 1360 | 0,4 |
| 1340 | 0,9 |
| 1320 | 0,8 |
| 1300 | 0,8 |
| 1280 | 0,5 |
| 1260 | 0,6 |
| 1240 | 0,8 |
| 1220 | 1,6 |
| 1200 | 0,9 |

2014 - LD (COPPE)

| ESTACA / m | ATR |
|------------|---------------------|
| | Trilha Externa (mm) |
| 1180 | 1 |
| 1160 | 1,6 |
| 1140 | 0,6 |
| 1120 | 1,5 |
| 1100 | 0,7 |
| 1080 | 0,5 |
| 1060 | 0,9 |
| 1040 | 0,3 |
| 1020 | 0 |
| 1000 | 0,1 |
| 980 | 2 |
| 960 | 0,5 |
| 940 | 0,5 |
| 920 | 0,3 |
| 900 | 0,8 |
| 880 | 0,6 |
| 860 | 0,8 |
| 840 | 0,3 |
| 820 | 0,7 |
| 800 | 0,4 |
| 780 | 1 |
| 760 | 0,5 |
| 740 | 0 |
| 720 | 0,4 |
| 700 | 0,1 |
| 680 | 1,3 |
| 660 | 1,7 |
| 640 | 0,6 |
| 620 | 0,6 |
| 600 | 1 |

2014 - LD (COPPE)

| ESTACA / m | ATR |
|------------|---------------------|
| | Trilha Externa (mm) |
| 580 | 1 |
| 560 | 0,8 |
| 540 | 0,8 |
| 520 | 2,2 |
| 500 | 2,7 |
| 480 | 3,4 |
| 460 | 1,5 |
| 440 | 1,2 |
| 420 | 0,6 |
| 400 | 0,5 |
| 380 | 0,4 |
| 360 | 0,6 |
| 340 | 0,6 |
| 320 | 1,2 |
| 300 | 0,8 |
| 280 | 0,8 |
| 260 | 0,5 |
| 240 | 1 |
| 220 | 0,5 |
| 200 | 1 |
| 180 | 0,6 |
| 160 | 1 |
| 140 | 0,8 |
| 120 | 0,3 |
| 100 | 0,6 |
| 80 | 1,4 |
| 60 | 1,6 |
| 40 | 0,3 |
| 20 | 0 |
| 0 | 0,8 |

ANEXO IX – LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE
LONGITUDINAL (2012 – DEINFRA)

| 2012 - LE DEINFRA | | | |
|-------------------|---------|---------|-----------|
| Km | IRI Esq | IRI Dir | IRI Médio |
| 111+834 | 3,07 | 3,34 | 3,21 |
| 111+638 | 2,16 | 2,65 | 2,41 |
| 111+442 | 2,84 | 2,61 | 2,73 |
| 111+246 | 1,53 | 1,78 | 1,65 |
| 111+055 | 2,02 | 1,92 | 1,97 |
| 110+855 | 2,21 | 2,38 | 2,3 |
| 110+656 | 1,69 | 1,7 | 1,7 |
| 110+458 | 2,26 | 2,37 | 2,31 |
| 110+264 | 1,26 | 1,66 | 1,46 |

| 2012 - LD DEINFRA | | | |
|-------------------|---------|---------|-----------|
| Km | IRI Esq | IRI Dir | IRI Médio |
| 110+175 | 2,12 | 2,02 | 2,07 |
| 110+371 | 1,48 | 1,79 | 1,63 |
| 110+569 | 1,76 | 2,19 | 1,98 |
| 110+764 | 1,85 | 1,71 | 1,78 |
| 110+963 | 2,13 | 1,91 | 2,02 |
| 111+159 | 1,99 | 1,8 | 1,89 |
| 111+358 | 2,62 | 2,28 | 2,45 |
| 111+553 | 2,47 | 2,78 | 2,63 |
| 111+755 | 0 | 0 | 0 |
| 111+944 | 3,57 | 3,83 | 3,7 |

ANEXO X – LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE
LONGITUDINAL (2014 – COPPE)

LE - 2014 COPPE

| ESTACA / m | IRREGULARIDADE LONGITUDINAL | |
|---------------|--------------------------------|--------|
| | Trilha Externa (mm) | SENSOR |
| | | Médio |
| 0 | 0 | 1,49 |
| 20 | 1,1 | 3,91 |
| 40 | 0,6 | 1,52 |
| 60 | 0 | 1,22 |
| 80 | 0,3 | 1,37 |
| 100 | 0,5 | 1,75 |
| 120 | 0 | 2,16 |
| 140 | 0,5 | 2,84 |
| 160 | 0,4 | 3,03 |
| 180 | 0 | 2,08 |
| 200 | 0,6 | 4,01 |
| 220 | 0,8 | 2,25 |
| 240 | 0,8 | 1,71 |
| 260 | 1,7 | 2,25 |
| 280 | 0,5 | 1,25 |
| 300 | 0,2 | 1,66 |
| 320 | 0,6 | 1,59 |
| 340 | 1 | 1,91 |
| 360 | 1,5 | 2,22 |
| 380 | 0,8 | 1,54 |
| 400 | 0,6 | 1,32 |
| 420 | 0,9 | 2,27 |
| 440 | 0,5 | 1,35 |
| 460 | 0,4 | 0,99 |
| 480 | 1,1 | 1,32 |
| 500 | 1,3 | 1,6 |
| 520 | 2,1 | 2,39 |
| 540 | 0,7 | 2,42 |
| 560 | 1 | 1,66 |
| 580 | 0,5 | 1,33 |
| 600 | 0,5 | 1,6 |

LE - 2014 COPPE

| ESTACA / m | IRREGULARIDADE LONGITUDINAL | |
|---------------|--------------------------------|--------|
| | Trilha Externa (mm) | SENSOR |
| | | Médio |
| 620 | 1,5 | 1,56 |
| 640 | 0,6 | 2,76 |
| 660 | 0,7 | 1,61 |
| 680 | 1,1 | 2,14 |
| 700 | 0,9 | 1,98 |
| 720 | 0,2 | 1,5 |
| 740 | 0,8 | 3,33 |
| 760 | 1,3 | 2,57 |
| 780 | 1,2 | 2,57 |
| 800 | 0,6 | 2,13 |
| 820 | 0,6 | 2,13 |
| 840 | 0 | 1,72 |
| 860 | 0,4 | 1,85 |
| 880 | 0,7 | 1,69 |
| 900 | 0,5 | 1,5 |
| 920 | 0,7 | 1,18 |
| 940 | 0,7 | 1,16 |
| 960 | 0,5 | 1,14 |
| 980 | 0 | 2,39 |
| 1000 | 0,6 | 1,86 |
| 1020 | 0 | 2,51 |
| 1040 | 1 | 1,8 |
| 1060 | 0 | 1,06 |
| 1080 | 0,2 | 2,13 |
| 1100 | 0 | 1,29 |
| 1120 | 0 | 2,36 |
| 1140 | 0 | 1,54 |
| 1160 | 0 | 1,67 |
| 1180 | 0 | 3,6 |
| 1200 | 0 | 2,06 |

LE - 2014 COPPE

| ESTACA / m | IRREGULARIDADE LONGITUDINAL | |
|---------------|--------------------------------|--------|
| | Trilha Externa (mm) | SENSOR |
| | | Médio |
| 1220 | 0 | 3,62 |
| 1240 | 1,1 | 1,68 |
| 1260 | 0,8 | 1,74 |
| 1280 | 0,4 | 1,48 |
| 1300 | 0,4 | 1,45 |
| 1320 | 0,9 | 1,27 |
| 1340 | 0 | 0,81 |
| 1360 | 0 | 1,28 |
| 1380 | 0 | 1,78 |
| 1400 | 0,6 | 1,12 |
| 1420 | 0,6 | 1,22 |
| 1440 | 0 | 1,96 |
| 1460 | 0 | 1,45 |
| 1480 | 0 | 1,53 |
| 1500 | 0,4 | 4,37 |
| 1520 | 0 | 1 |
| 1540 | 0,4 | 2,01 |
| 1560 | 0,8 | 1,89 |
| 1580 | 0,7 | 2,3 |
| 1600 | 1,1 | 1,35 |
| 1620 | 1,7 | 1,92 |
| 1640 | 1,9 | 1,13 |
| 1660 | 1 | 1,7 |
| 1680 | 0,4 | 1,52 |
| 1700 | 0,9 | 3,02 |
| 1720 | 1 | 1,93 |
| 1740 | 0,4 | 2,04 |
| 1760 | 0,2 | 0,97 |
| 1780 | 0,1 | 1,34 |
| 1800 | 0 | 1,04 |

LD - 2014 COPPE

| ESTACA / m | IRREGULARIDADE LONGITUDINAL | |
|---------------|--------------------------------|-----------------|
| | Triiha Externa (mm) | SENSOR Médio |
| 1800 | 0,5 | 1,19 |
| 1780 | 0,4 | 2,99 |
| 1760 | 0 | 1,6 |
| 1740 | 0,6 | 1,23 |
| 1720 | 0,8 | 1,9 |
| 1700 | 0 | 2,83 |
| 1680 | 0 | 2,18 |
| 1660 | 2,1 | 3,51 |
| 1640 | 1,1 | 2,63 |
| 1620 | 1,1 | 1,81 |
| 1600 | 0,7 | 1,41 |
| 1580 | 0,6 | 1,02 |
| 1560 | 0 | 1,62 |
| 1540 | 0,4 | 2,34 |
| 1520 | 0,4 | 1,69 |
| 1500 | 1,4 | 2,07 |
| 1480 | 0,9 | 1,19 |
| 1460 | 0,9 | 1,74 |
| 1440 | 0,4 | 1,33 |
| 1420 | 0,7 | 1,19 |
| 1400 | 0,3 | 1,27 |
| 1380 | 0,9 | 2,61 |
| 1360 | 0,4 | 1,58 |
| 1340 | 0,9 | 1,35 |
| 1320 | 0,8 | 1,82 |
| 1300 | 0,8 | 2,15 |
| 1280 | 0,5 | 1,55 |
| 1260 | 0,6 | 0,94 |
| 1240 | 0,8 | 2,53 |
| 1220 | 1,6 | 2,13 |
| 1200 | 0,9 | 3,18 |

LD - 2014 COPPE

| ESTACA / m | IRREGULARIDADE LONGITUDINAL | |
|---------------|--------------------------------|-----------------|
| | Triiha Externa (mm) | SENSOR Médio |
| 1180 | 1 | 1,77 |
| 1160 | 1,6 | 0,9 |
| 1140 | 0,6 | 1,59 |
| 1120 | 1,5 | 2,14 |
| 1100 | 0,7 | 1,97 |
| 1080 | 0,5 | 2,11 |
| 1060 | 0,9 | 0,9 |
| 1040 | 0,3 | 1,52 |
| 1020 | 0 | 2,41 |
| 1000 | 0,1 | 0,99 |
| 980 | 2 | 2,81 |
| 960 | 0,5 | 1,38 |
| 940 | 0,5 | 1,04 |
| 920 | 0,3 | 1,45 |
| 900 | 0,8 | 1,57 |
| 880 | 0,6 | 1,5 |
| 860 | 0,8 | 2,29 |
| 840 | 0,3 | 2,09 |
| 820 | 0,7 | 1,34 |
| 800 | 0,4 | 1,92 |
| 780 | 1 | 4,77 |
| 760 | 0,5 | 1,7 |
| 740 | 0 | 1,69 |
| 720 | 0,4 | 1,3 |
| 700 | 0,1 | 1,27 |
| 680 | 1,3 | 1,33 |
| 660 | 1,7 | 1,37 |
| 640 | 0,6 | 1,29 |
| 620 | 0,6 | 1,9 |
| 600 | 1 | 1,46 |

LD - 2014 COPPE

| ESTACA / m | IRREGULARIDADE LONGITUDINAL | |
|---------------|--------------------------------|-----------------|
| | Triiha Externa (mm) | SENSOR Médio |
| 580 | 1 | 2,41 |
| 560 | 0,8 | 1,5 |
| 540 | 0,8 | 1,05 |
| 520 | 2,2 | 5,21 |
| 500 | 2,7 | 4,52 |
| 480 | 3,4 | 1,83 |
| 460 | 1,5 | 2,19 |
| 440 | 1,2 | 1,58 |
| 420 | 0,6 | 1,76 |
| 400 | 0,5 | 2,74 |
| 380 | 0,4 | 2,9 |
| 360 | 0,6 | 1,09 |
| 340 | 0,6 | 1,78 |
| 320 | 1,2 | 1,96 |
| 300 | 0,8 | 1,97 |
| 280 | 0,8 | 2,96 |
| 260 | 0,5 | 1,88 |
| 240 | 1 | 2,42 |
| 220 | 0,5 | 2,72 |
| 200 | 1 | 5,46 |
| 180 | 0,6 | 3,66 |
| 160 | 1 | 0,93 |
| 140 | 0,8 | 1,38 |
| 120 | 0,3 | 1,29 |
| 100 | 0,6 | 1,69 |
| 80 | 1,4 | 0,89 |
| 60 | 1,6 | 2,69 |
| 40 | 0,3 | 1,43 |
| 20 | 0 | 1,24 |
| 0 | 0,8 | 3,81 |

ANEXO XI – LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS (2010)

Patologias maio/2010. LD

Segmento de referência Km 212+100 a 213+700

[illegible]

| Estaca | Km | Segregação | FC1 | | FC2 | FC3 | BU | AFP | TT | TL |
|---------------|-----------|-------------------|------------|--|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| | 212540 | | | | | | | | | |
| 24 + 048 | | | | | | | | | | |
| | 212560 | | | | | | | | | |
| 24 + 080 | 212580 | | | | | | | | | |
| 24 + 100 | 212600 | x | | | | | | | | |
| 24 + 112 | | | | | | | | | | |
| 24 + 120 | 212620 | | X | | | | | | | |
| | 212640 | | | | | | | | | |
| 24 + 144 | | | | | | | | | | |
| | 212660 | | | | | | | | | |
| 24 + 176 | | | | | | | | | | |
| | 212680 | | | | | | | | | |
| | 212700 | | | | | | | | | |
| 24 + 208 | | | | | | | | | | |
| | 212720 | | | | | | | | | |
| 24 + 240 | 212740 | | | | | | | | | |
| | 212760 | | | | | | | | | |
| 24 + 272 | | | | | | | | | | |
| 24 + 280 | 212780 | x | X | | | | | | | |

Cadastramento das Patologias maio/2010. LE

Segmento de referência Km 212+100 a 2013+700

[illegible]

| Km | Km | Segregação | FC1 | FC2 | FC3 | BU | AFP | TT | TL |
|-----------|-----------|-------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| | 213040 | | | | | | | | |
| 24 + 544 | | | | | | | | | |
| | 213060 | | | | | | | | |
| 24 + 576 | | | | | | | | | |
| | 213080 | | | | | | | | |
| 24 + 590 | | x | | | | | | | |
| | 213100 | | | | | | | | |
| 24 + 608 | | | | | | | | | |
| | 213120 | | | | | | | | |
| 24 + 640 | 213140 | | | | | | | | x |
| | 213160 | | | | | | | | |
| 24 + 672 | | | | | | | | | |
| | 213180 | | | | | | | | |
| | 213200 | | | | | | | | |
| 24 + 704 | | | | | | | | | |
| | 213220 | | | | | | | | |
| 24 + 736 | | | | | | | | | |
| | 213240 | | | | | | | | |
| 24 + 750 | | | x | | | | | | |

| Km | Km | Segregação | FC1 | FC2 | FC3 | BU | AFP | TT | TL |
|-----------------|---------------|------------|-----|-----|-----|----|-----|----|----|
| | 213520 | | | | | | | | |
| 25 + 024 | | | | | | | | | |
| | 213540 | | | | | | | | |
| 25 + 056 | | | | | | | | | |
| | 213560 | | | | | | | | |
| | 213580 | | | | | | | | |
| 25 + 088 | | | | | | | | | |
| | 213600 | | | | | | | | |
| 25 + 120 | 213620 | | | | | | | | |
| | 213640 | | | | | | | | |
| 25 + 152 | | | | | | | | | |
| | 213660 | | | | | | | | |
| 25 + 170 | | x | x | | x | | | | |
| | 213680 | | | | | | | | |
| 25 + 184 | | | | | | | | | |
| 25 + 200 | 213700 | | | | | | | | |
| 25 + 216 | | | | | | | | | |
| 25 + 300 | 213800 | | x | | | | | | |
| | 213900 | | | | | | | | |

ANEXO XII – LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS (2012)

Cadastramento das Patologias agosto/2012. LD

Segmento de referência - Km 212+100 ao 2013+700

| Km | Km | Segregação | FC1 | FC2 | FC3 | BU | AFP | TT | TL |
|-----------------|---------------|------------|-----|-----|----------|----|-----|----|----|
| 23 + 460 | | x | | | x | | | | |
| 23 + 500 | | x | | | x | | | | |
| 23 + 600 | 212100 | x | | | x | | | | |
| | 212120 | | | | | | | | |
| 23 + 632 | | | | | | | | | |
| | 212140 | | | | | | | | |
| | 212160 | | | | | | | | |
| 23 + 664 | | | | | | | | | |
| | 212180 | | | | | | | | |
| 23 + 696 | | | | | | | | | |
| | 212200 | | | | | | | | |
| | 212220 | | | | | | | | |
| 23 + 728 | | | | | | | | | |
| | 212240 | | | | | | | | |

[illegible]

[illegible]

[illegible]

ANEXO XIII – LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS (2014)

Cadastramento das Patologias outubro 2014. LD

Segmento de referência - Km 212+100 ao 2013+700

| Km | km | Segregação | FC1 | FC2 | FC3 | BU | AFP | TT | TL |
|-----------------|---------------|-------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 23 + 460 | | x | | | x | | | | |
| 23 + 500 | | x | | | x | | | | |
| | 212020 | | | | | | | | x |
| | 212040 | | | | | | | | x |
| | 212060 | | | | | | | | x |
| | 212080 | | | | | | | | x |
| 23 + 600 | 212100 | x | | | x | | | x | |
| | 212120 | | | | | | | | |
| | 212140 | | x | x | | | | | |
| | 212160 | | X | | | | | | x |
| | 212180 | | | | | | | | |
| | 212200 | | | | | | | | |
| | 212220 | | | | | | | | |
| | 212240 | | | | | | | | |
| 23 + 760 | 212260 | x | X | | | | | | |
| | 212280 | | | | | | | | |

[illegible]

| Km | km | Segregação | FC1 | FC2 | FC3 | BU | AFP | TT | TL |
|-----------|-----------|-------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| | 212680 | | | | | | | | |
| | 212700 | | | | | | | | |
| | 212720 | | | | | | | | |
| 24 + 240 | 212740 | | | | | | | | |
| | 212760 | | | | | | | | |
| 24 + 280 | 212780 | X | X | | | | | | |
| | 212800 | | | | | | | | |
| | 212820 | | | | | | | | |
| | 212840 | | | | x | | | | |
| | 212860 | | | | | | | | |
| | 212880 | | | | | | | | |
| 24 + 400 | 212900 | | | x | x | | | | |
| | 212920 | | | | | | | | |
| | 212940 | | | x | x | | | | |
| 24 + 464 | 212960 | X | | | | | | | |
| | 212980 | | | | | | | | |
| | 213000 | x | | | | | | | |
| | 213020 | | X | | | | | | x |
| | 213040 | | | x | x | | | x | |

[illegible]

Cadastramento das Patologias outubro/2014. LE

Segmento de referência Km 212+100 a 2013+700

[illegible]

